Gabriele Heister

GESCHLECHTSUNTERSCHIEDE IN DER ZEREBRALEN ASYMMETRIE: EFFEKTE KOGNITIV/MOTORISCHER INTERFERENZ

Dissertation
zur
Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Sozialwissenschaft
in der Fakultät
für Sozial- und Verhaltenswissenschaften
der Eberhard-Karls-Universität Tübingen

1985

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546527_0001

Gabriele Heister

GESCHLECHTSUNTERSCHIEDE IN DER ZEREBRALEN ASYMMETRIE: EFFEKTE KOGNITIV/MOTORISCHER INTERFERENZ

Dissertation
zur
Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Sozialwissenschaft
in der Fakultät
für Sozial- und Verhaltenswissenschaften
der Eberhard-Karls-Universität Tübingen

1985

Gedruckt mit Genehmigung
der Fakultät für Sozial- und Verhaltenswissenschaften
der Universität Tübingen

Hauptberichterstatter: Prof. Dr. Bruno Preilowski
Mitberichterstatter: Prof. Dr. Niels Birbaumer
Dekan: Prof. Dr. Hartmut Gabler

Tag der mündlichen Prüfung: 28. Mai 1985

Druck: Ernst Grässer, Karlsruhe

Vorbemerkung

Hiermit möchte ich allen Freunden und Kollegen danken, mit denen ich über die Probleme im Zusammenhang mit dieser Arbeit sprechen konnte, sowie allen Versuchspersonen für die Bereitwilligkeit zu ernster Mitarbeit; ferner Christa Kolbert, die mir die von ihr normierten Stimuli zur Verfügung gestellt hat und auch bei der Herstellung der Dias und der Auszählung eines Teils der Rohdaten von Experiment I behilflich war, und Klaus Hofmeister, der beim Aufbau des Versuchs, insbesondere bei der Verkabelung half. Die Experimente, über die in dieser Arbeit berichtet wird, wurden an der Universität Konstanz durchgeführt. Ich danke Prof. Robert B. Freeman, Ph.D., für die Möglichkeit, das Tachistoskop zu benutzen.

Für die Beratung in Fragen der Statistik und der BMDP-Benutzung danke ich ganz herzlich Willibald Nagl und Dr. Georg Nold. Für Unterstützung und aufmunternde Gespräche danke ich Prof. Dr. Rudolf Fisch, Prof. Dr. Wolfgang Hartje, Prof. Dr. Arnim von Stechow und Prof. Dr. Dirk Vorberg, dem ich darüber hinaus stundenlange inhaltliche Diskussionen, die für mich sehr anregend und hilfreich waren, verdanke. Mein besonderer Dank gilt Prof. Bruno Preilowski, Ph.D., der die Fertigstellung dieser Dissertation erst ermöglicht hat und dem ich auch inhaltliche Anregungen und kritische Stellungnahmen zum Manuskript verdanke. Schließlich möchte ich meinem Mann, Dr. Peter Schroeder-Heister danken, ohne dessen psychische und finanzielle Unterstützung diese Arbeit nicht hätte entstehen können. Außerdem habe ich ihm noch das "Checken" aller Daten und Datenüberträge, insbesondere der Hunderte von Medianen, und das Tippen von Teilen der Arbeit zu verdanken. Einen wesentlichen Beitrag zur Entstehung dieser Dissertation leistete letztlich auch unsere Tochter Paula, die den Ernst der Lage erkannte und mit der Geburt bis zur Fertigstellung der Arbeit wartete.

Die experimentellen Ergebnisse sind größtenteils bereits publiziert. In diesem Zusammenhang möchte ich den Gutachtern der jeweiligen Zeitschriften für ihre konstruktive Kritik danken und mich beim Leser dafür entschuldigen, daß die Abbildungen in dieser Arbeit (da überwiegend den englischsprachigen Publikationen entnommen) in Englisch beschriftet sind.

Widmen möchte ich die Dissertation meinen Eltern.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 7

2.0 Geschlechtsunterschiede in der zerebralen Asymmetrie 12
2.1 Klinische Untersuchungen 20
2.2 Tierexperimentelle und neuroanatomische Arbeiten 25
2.3 "Normative" Studien 28
2.3.1 Dichotisches Hören 28
2.3.2 Visuelle Halbfelddarbietung 29
2.4 Elektrophysiologische Studien 35
2.5 Entwicklungspsychologische Untersuchungen 42
2.6 Zusammenfassung 47

3.0 Theoretischer Hintergrund der eigenen Untersuchung 49
3.1 Das Reaktionszeitmodell 49
3.2 Das Cerebral-Space-Modell 55
3.3 Begründung der eigenen Untersuchung 61
3.4 Hypothesen nach dem Reaktionszeitmodell 64
3.5 Hypothesen nach dem Cerebral-Space-Modell 70

4 Eigene Experimente 76
4.1 Experiment I 76
4.1.1 Einleitung 76
4.1.2 Methode 82
4.1.3 Ergebnisse 85
4.1.4 Diskussion 94
4.2 Experiment Ia 102
4.2.1 Einleitung 102
4.2.2 Methode 105
4.2.3 Ergebnisse 106
4.2.4 Diskussion 114
4.3 Experiment II 124
4.3.1 Einleitung 124
4.3.2 Methode 125
4.3.3 Ergebnisse 126
4.3.4 Diskussion 129

4.4 Experiment III 133
4.4.1 Einleitung 132
4.4.2 Methode 132
4.4.3 Ergebnisse 132
4.4.4 Diskussion 135
4.5 Vergleich der Experimente I, II und III 137

5.0 Allgemeine Interpretation der Ergebnisse 145
5.1 Reaktionszeiten und Geschlecht 146
5.1.1 Motorik-Effekte
5.1.2 Effekte der Reizeigenschaften 153
5.2 Korrektheit der Antworten und Geschlecht 156
5.2.1 Motorik-Effekte 156
5.2.2 Effekte der Reizeigenschaften 158
5.3 Schlußbemerkung 162

6 Anmerkungen 166

7 Literaturverzeichnis 168

8 Kurzzusammenfassung 191

Anhang 193
Instruktion 193
Liste der verwendeten Stimuli 194
Tabellen 1-10 195
Übersicht über die mindestens auf dem 5%-Niveau signifikanten Ergebnisse der Varianzanalysen 205

1 Einleitung

Unter zerebraler Asymmetrie versteht man die Tatsache, daß das Großhirn des Menschen aus zwei Hälften besteht, die bezüglich Wahrnehmung, Motorik und kognitiven Leistungen verschiedene Aufgaben erfüllen. Man hat bis ins 19. Jahrhundert hinein angenommen, daß die beiden Hirnhälften, so wie auch andere paarige Organe im menschlichen Körper, bau- und funktionsgleich seien. Erst mit dem Aufkommen der Aphasie-Forschung (durch Broca, Wernicke u.a.) wurde bemerkt, daß fast nur linkshirnig geschädigte Patienten eine Sprachstörung haben, woraus man ableitete, daß die linke Hemisphäre die dominante sei. Bezüglich der rechten Hemisphäre konnte man lange Zeit kaum Ausfälle bei Schädigung feststellen und schloß daraus, sie habe keine besondere Funktion im kognitiven Bereich. Bis heute wird die rechte Hemisphäre daher auch als die "stumme" oder "minor hemisphere" bezeichnet, obwohl mittlerweile bekannt ist, daß sie Fähigkeiten im räumlich-visuellen Wahrnehmen und sogar in der Sprachverarbeitung hat (vgl. Searleman, 1977).

Die Lateralisierungsforschung steht vor dem Problem, aus Verhaltensdaten und physiologischen Veränderungen auf die Beteiligung der einzelnen Hemisphären bzw. deren integrierte Arbeit schließen zu müssen. Es werden in diesem Rahmen verschiedenste Untersuchungstechniken angewandt, die dies ermöglichen sollen (Hirnreizung, Wada-Test, dichotisches Hören, visuelle Halbfelddarbietung, Hirndurchblutungsmessung, EEG, evozierte Potentiale, dihaptische Stimulation, Blickrichtungsmessung). Am Anfang wurde mit unilateral Hirngeschädigten gearbeitet, um aus den Ausfällen, die solche Patienten zeigen, auf das Funktionieren des normalen Gehirns schließen zu können. In diesem Zusammenhang entstand das strikte "Lokalisationsmodell", das den beiden Hemisphären bestimmte Funktionen zuordnet; wenn ein Hirngeschädigter bestimmte Funktionen wieder ausführen kann, die durch die Hirnschädigung beeinträchtigt waren, nimmt dieses Modell insbesondere an, daß die geschädigten Hirnbezirke (und nicht etwa die gesunde Hemisphäre) diese Funktionen wieder übernommen haben.

Einen bedeutenden Fortschritt erzielte die Hirnforschung, gerade in bezug auf Leistungen der rechten Hemisphäre, durch die split-brain-Forschung (z.B. Sperry, 1961; Gazzaniga, 1970, 1975; Gazzaniga & Hillyard, 1971). Die split-brain-Patienten, bei denen operativ das Corpus Callosum durchtrennt wurde, boten die Möglichkeit, mittels der Technik der visuellen Halbfelddarbietung Leistungen der rechten und linken Hemisphäre relativ isoliert untersuchen zu können. Ein Problem bestand allerdings immer darin, daß man nur mit sehr kleinen Stichproben arbeiten konnte, und daß die Patienten (Epileptiker) vor der Operation jahrelang krank waren, so daß es möglicherweise bei ihnen schon zu einer Umorganisation der Hemisphären gekommen war. In letzter Zeit ist man daher verstärkt bemüht, mit gesunden Versuchspersonen zu arbeiten und z.B. durch Kombination von visueller Halbfelddarbietung mit unimanueller Reaktionszeitmessung "splitting the human brain by reaction time" zu versuchen (vgl. Filby & Gazzaniga, 1969).

Es haben sich mittlerweile eine Reihe von "Theorien" gebildet, die mehr oder weniger durch experimentelle Befunde abgestützt sind. Es handelt sich dabei um dichotome Konzepte, die die Fähigkeiten von rechter und linker Hemisphäre gegenüberstellen, entweder bezogen auf die Art der Reize, die verarbeitet werden (sprachlich versus räumlich-visuell) oder auf die Art der Verarbeitung (analytisch/holistisch; sequentiell/parallel). Die populärste Vorstellung ist wohl die, daß die linke Hemisphäre analytisch-seriell verfährt und die rechte holistisch-parallel (Bogen, 1969; Cohen, 1972; Seamon & Gazzaniga, 1973; Sperry, 1974; Bever & Chiarello, 1974). Gegenüber den Anschauungen des 19. Jahrhunderts berücksichtigen solche Ansätze die Befunde, die zeigten, daß die rechte Hemisphäre in der Regel wesentliche Funktionen beim Verarbeiten räumlich-visueller Reize hat.

In letzter Zeit hat man sich nicht nur den Leistungen der rechten Hemisphäre (insbesondere den sprachlichen (vgl. Searleman, 1977)) mehr zugewandt, sondern in diesem Zusammenhang auch den interindividuellen Unterschieden in der zerebralen Asymmetrie, d.h. der Frage, ob es Personengruppen gibt, die sich hinsichtlich der

Lateralisierung unterscheiden, deren rechte Hemisphäre z.B. mehr Sprachverarbeitungskapazität hat als gewöhnlich.

Schon aus frühen klinischen Untersuchungen stammt die Beobachtung, daß Händigkeit ein Indikator für Hemisphärendominanz ist. Für fast alle Rechtshänder gilt, daß die linke Hemisphäre, die für die rechte Hand zuständig ist, die Sprachfunktion übernimmt. Die Schätzungen reichen von 92% (Milner, Branch & Rasmussen, 1964) zu mehr als 99% (Rossi & Rosadini, 1967). Die Linkshänder stellen dagegen eine heterogenere Gruppe dar, die allgemein weniger hemisphärisch spezialisiert sein soll (vgl. Hecaen & Ajuriaguerra, 1963; Hecaen & Sauguet, 1971; Luria, 1973). Aber auch die Mehrzahl der Linkshänder zeigt linkshemisphärische Sprachrepräsentation. Hier reichen Schätzungen von 53% (Goodglass & Quadfasel, 1954) bis zu über 70% (Warrington & Pratt, 1973). Darüber hinaus scheinen Linkshänder häufig bilaterale Sprachrepräsentation zu haben (Hecaen & Sauguet, 1971; Milner, 1975; Rasmussen & Milner, 1975; Zangwill, 1960, 1976). Ferner hat nicht nur die eigene Händigkeit, sondern auch die familiäre Händigkeit, d.h. die Tatsache, daß man Linkshänder als nahe Verwandte hat oder nicht, Einfluß auf die Lateralisierung. Daß es keine perfekte Korrelation zwischen Händigkeit und Sprachlateralisierung gibt und ausgerechnet bei eineiigen Zwillingen häufig unterschiedliche Händigkeit auftritt, wirft für biologische Modelle, die versuchen, den Zusammenhang zwischen Händigkeit und Sprachlateralisierung zu beschreiben und eine Erklärung für das Entstehen von zerebraler Asymmetrie zu liefern (genetische Konzepte) erhebliche Probleme auf (vgl. Corballis & Morgan, 1978; Morgan & Corballis, 1978).

Im Rahmen der Untersuchung von interindividuellen Unterschieden in der zerebralen Asymmetrie trat schließlich die Frage auf, ob Männer und Frauen sich darin unterscheiden. Die populärste Vorstellung ist in diesem Zusammenhang, daß Frauen, ähnlich wie Linkshänder, nicht so stark hemisphärisch spezialisiert sind. Wie eine Übersicht der Literatur zu Geschlechtsunterschieden

in der Lateralisierung (Kap. 2) zeigt, sind die Ergebnisse äußerst heterogen. Sowohl die Position "es gibt keinen Geschlechtsunterschied in der zerebralen Asymmetrie" als auch die "es gibt einen: Frauen sind stärker asymmetrisch als Männer" und die "es gibt einen: Männer sind stärker asymmetrisch als Frauen" wird vertreten und kann durch experimentelle Befunde belegt werden.

Diese experimentellen Ergebnisse sind stark von den jeweiligen Untersuchungsmethoden und von den diesen Methoden unterliegenden theoretischen Konzepten über die zerebrale Organisation abhängig. Bei diesen Konzeptionen herrschen statische Dichotomien vor, die der rechten und linken Hemisphäre bestimmte Spezialisierungen für kognitive Leistungen zuschreiben (z.B. sprachlich/nichtsprachlich; analytisch/holistisch). Interindividuelle Unterschiede, wie Geschlechtsunterschiede, stellt man sich in diesem Zusammenhang so vor, daß bestimmte Personengruppen (Linkshänder, Frauen) mehr oder weniger spezialisiert (asymmetrisch) sind.

Einen anderen, nicht statischen, Ansatz vertritt dagegen Kinsbourne (Kap. 3.2). Er nimmt an, daß die Beteiligung der Hemisphären an der Verarbeitung fluktuieren kann, daß eine Hemisphäre mehr oder weniger aktiviert sein kann. Es konnte gezeigt werden, daß diese Aktivierung bei sogenannten "dual tasks" durch die Motorik beeinflußt war (vgl. Kap. 3.2). Für diese eher dynamische Vorstellung der zerebralen Organisation sprechen mittlerweile eine Fülle von experimentellen Ergebnissen. Geschlechtsunterschiede wurden aber in diesem Zusammenhang praktisch noch nicht untersucht.

In der vorliegenden Arbeit sollte nun geprüft werden, ob nicht auch bei solchen Experimenten, die eigentlich auf einem statischen Konzept der zerebralen Asymmetrie basieren - als Prototyp kann hier das "Reaktionszeitmodell" gelten, wie es von Moscovitch vertreten wird (vgl. Kap. 3.1) - eine kognitiv/motorische Interferenz zwischen der kognitiven Aufgabe und der geforderten Antwortreaktion auftreten kann, und ob das Auftreten oder Fehlen von Geschlechtsunterschieden in den experimentellen Ergebnissen von den Einflüssen der Motorik abhängig ist.

Anhand von drei Experimenten mit visueller Halbfelddarbietung sprachlicher Reize (vgl. Kap. 4) konnte gezeigt werden, daß bei Steigerung der Anforderungen an die Antwortmotorik eine solche Interferenz auftritt, und zwar früher bei Frauen als bei Männern. Da in der Literatur in nahezu allen Lateralisierungsstudien kognitive Aspekte und motorische Aspekte der Antwortreaktion konfundiert sind, können darauf vermutlich eine Reihe von Unstimmigkeiten bezüglich der Geschlechtsunterschiede in der Asymmetrie zurückgeführt werden. Darüber hinaus stützt das Ergebnis ein eher dynamisches Konzept der zerebralen Organisation, da das Fluktuieren der Asymmetrie in Abhängigkeit von den Anforderungen demonstriert wird.

Im folgenden Kapitel dieser Arbeit wird der Forschungsstand bezüglich der Geschlechtsunterschiede in der Lateralisierung referiert, und zwar wird einleitend zunächst auf allgemeine Geschlechtsunterschiede in sprachlichen und räumlich-visuellen Leistungen eingegangen und anschließend die verschiedenen "theoretischen" Positionen, die Autoren bezüglich der Geschlechtsunterschiede in der zerebralen Lateralisierung kognitiver Funktionen eingenommen haben, erläutert. Die folgenden Teile des Kapitels liefern dann, bezogen auf die jeweiligen Untersuchungsmethoden, einen Überblick über die heterogenen experimentellen Befunde. Kapitel 3 beinhaltet den theoretischen Hintergrund und die Fragestellung der eigenen Untersuchung, insbesondere unter dem Aspekt der Gegenüberstellung eines statischen und eines dynamischen Konzepts der zerebralen Organisation. Die einzelnen eigenen Experimente werden in Kapitel 4 dargestellt und deren Ergebnisse in Kapitel 5 im Zusammenhang interpretiert.

2.0 Geschlechtsunterschiede in der zerebralen Asymmetrie

Erst in letzter Zeit wird bei Lateralisierungsuntersuchungen das Geschlecht der Versuchspersonen beachtet. Das wachsende Interesse an hirnphysiologischen Geschlechtsunterschieden äußert sich aber schon in einigen Büchern und Übersichtsartikeln, die in den letzten Jahren erschienen sind (Bryden, 1979; McGlone, 1980; Wittig & Petersen, 1979; Fairweather, 1982). Darin wird aber oft eine sehr einseitige Position und Literaturauswahl dargestellt, was die vorliegende Übersicht auszugleichen versucht, die außerdem den Schwerpunkt mehr auf neueste, in diesen Arbeiten noch nicht berücksichtigte Literatur legt. Daneben gibt es mittlerweile eine Fülle von Sammelreferaten und Artikeln, die sich allgemein mit "sex differences" befassen, d.h. meist mit Geschlechtsunterschieden im Verhalten und in kognitiven Fähigkeiten, was für die Frage der Lateralisierungsunterschiede hier nicht unmittelbar relevant ist und daher nur kurz angeschnitten werden soll.

Ein Problem der Literatur zu Geschlechtsunterschieden in kognitiven oder Wahrnehmungsleistungen, insbesondere der populären Literatur, besteht darin, daß man bei gesunden Versuchspersonen nicht davon ausgehen kann, daß bestimmte Aufgaben nur von einer Hemisphäre gelöst werden, da immer beide beteiligt sind, wenn nicht durch besondere Reizdarbietung künstlich nur eine Hemisphäre angesprochen wird und die interhemisphärische Kommunikation eingeschränkt wird. Wenn also Frauen z.B. in visuellen Untertests eines Intelligenztests schlechter abschneiden als Männer, dann kann das andere Gründe haben als die zerebrale Asymmetrie; jedenfalls müßte man erst einmal nachweisen, daß die Lateralisierung eine Rolle spielt, d.h. die niedrigere Leistung der Frauen müßte bei einem Experiment mit visueller Halbfelddarbietung auftreten und mit einer geringeren rechts/links-Differenz bei Frauen einhergehen, oder die allgemeine Leistungsfähigkeit müßte mit einem Asymmetriemaß korrelieren. Ob eine stärkere oder geringere verbale Asymmetrie für kognitive Leistungen von Vorteil ist, ist ja zunächst die Frage. Außerdem kann man auch nicht von verschiedenen Tests oder kognitiven Leistungen behaupten, sie seien

"rechts-hemisphärisch" oder "links-hemisphärisch", wie es oft explizit oder implizit getan wird. Und letztlich sind bisher auch die Ergebnisse bezüglich Leistungsunterschieden der Geschlechter sehr kontrovers. Jedenfalls ist die Überlegenheit der Frauen in bestimmten sprachlichen Leistungen und in der Sprachentwicklung nicht unumstritten. Die Unterlegenheit der Frauen in räumlich-visuellen bzw. mathematischen Leistungen scheint dagegen ziemlich gesichert, was allerdings noch nichts über die Ursachen aussagt und darüber, ob die zerebrale Asymmetrie damit zu tun hat (vgl. Harris, 1978; Benbow & Stanley, 1980).

Frauen erzielen jedenfalls schlechtere Leistungen als Männer bei Aufgaben, die z.B. "mental rotation", Punktlokalisation oder den Umgang mit zweidimensionalen Abbildungen von Körpern erfordern. Unklar ist allerdings, inwieweit diese Unterlegenheit kulturell oder sozial bedingt ist und inwieweit genetisch und eventuell hormonell. Diese Frage wurde bisher kaum untersucht, allerdings konnte gezeigt werden, daß bei Eskimos, einer Gesellschaft, die anscheinend auch bei Frauen raumbezogene Fähigkeiten fördert, der Unterschied zwischen den Geschlechtern weder bei Erwachsenen. noch bei Kindern auftrat (vgl. Harris, 1978).

Wenn Umwelteinflüsse diesen Geschlechtsunterschied verursachten, könnte man annehmen, daß er mit zunehmendem Alter stärker werden müsse. Bezüglich der räumlich-visuellen Fähigkeiten trifft dies aber nicht zu (vgl. Witelson, 1979). Ein genetisches Modell, das besonders von Bock & Kolakowski (1973) untersucht wurde, kann diesen Geschlechtsunterschied recht gut erklären, nämlich durch rezessive Vererbung auf dem X-Chromosom (stammt von O'Connor, 1943). Ein solches Gen könnte bei Frauen nur zur Ausprägung kommen, wenn es auf beiden X-Chromosomen vorkommt; bei Männern genügt schon das eine rezessive Gen, da die Möglichkeit eines entsprechenden dominanten Gens auf dem Y-Chromosom nicht besteht. So ist es möglich, daß eine Frau die gleiche hohe Begabung für räumlich-visuelle Leistungen haben kann wie ein Mann, aber die Zahl der Frauen, die eine solche Begabung haben, wird geringer sein. Evidenz für ein solches genetisches Modell brachte zunächst ein Experiment mit 50 eineiigen und 25 zweieiigen Zwillingspaaren.

Es zeigte sich, daß die Leistungen der männlichen Zwillinge in einem Test für "spatial ability" hoch signifikant korrelierten, die der Mädchen dagegen nicht. Außerdem waren die Mädchen signifikant schlechter als die Jungen. Diese Ergebnisse lassen sich nicht durch soziale Schichtzugehörigkeit o.ä. erklären.

Bei "mental rotation"-Aufgaben, die man Angehörigen derselben Familie gegeben hat, ergaben sich genau die Korrelationen, die man vom genetischen Modell her vorhergesagt hätte: Die Korrelation Mutter/Sohn war stärker als Mutter/Tochter (das eine X-Chromosom des Sohnes kann nämlich nur von der Mutter stammen, während die X-Chromosome der Tochter ja von Vater und Mutter stammen), die Korrelation Vater/Tochter war genau so groß wie die Korrelation Mutter/Sohn (in beiden Fällen haben Kind und Elternteil nur ein Chromosom gemeinsam), und die Korrelation Vater/Sohn ist fast Null (sie haben kein X-Chromosom gemeinsam). Diese Wechselbeziehungen sind nicht mehr durch kulturelle oder soziale Einflüsse erklärbar. Außerdem würde das genetische Modell vorhersagen, daß etwa 25% der Frauen den Mittelwert der Bevölkerung überschreiten müßten und etwa 50% der Männer, was Bock & Kolakowski (1973) in einer Untersuchung an etwa 800 Heranwachsenden bestätigen konnten (vgl. Vandenberg & Kuse, 1979; Witelson, 1979; Harris, 1978).

Allerdings reicht ein solch einfaches genetisches Modell zur Erklärung der Geschlechtsunterschiede nicht aus, da offensichtlich auch der Hormonspiegel eine entscheidende Rolle spielt (vgl. auch Hines, 1982). Bei Patienten mit Turner-Syndrom, die einen weiblichen Phänotyp ausprägen, aber nur ein X-Chromosom pro Zelle haben, müßte man nach dem genetischen Modell hinsichtlich der räumlich-visuellen Fähigkeiten ähnliche Leistungsverteilungen wie bei Männern erwarten, die ja auch nur ein X-Chromosom haben. Es zeigte sich aber das Gegenteil: die räumlich-visuellen Leistungen waren bei ihnen schlechter als die Verbalen, und sie waren auch schlechter als die von normalen Frauen. Daher vermuten Bock & Kolakowski (1973) und auch Harris (1978), daß der Testosteronspiegel für die Wirkung des "spatial"-Gens eine Rolle spielt. Diese Hypothese wird dadurch bestätigt, daß Gruppen, die

einen geringeren als den normalen Testosteronspiegel aufweisen, auch geringere räumlich-visuelle Fähigkeiten zeigen. Es handelt sich hier genetisch gesehen um Männer (XY), die aber einen weiblichen Phänotypus zeigen, und deren Zellen keine Rezeptivität für Testosteron haben. Das hat den gleichen Effekt, als ob gar kein Testosteron gebildet würde (vgl. Witelson, 1979). Auch in einer anderen Patientengruppe mit einer Proteinmangelerscheinung (Kwaschiorkor), die zu allgemeiner Feminisierung führt und vermutlich auf Androgenmangel beruht, zeigte sich ein ähnliches Ergebnis.

Leider wurde bisher über Zusammenhänge zwischen allgemeinem Leistungsniveau und Lateralisierung überwiegend spekuliert. Aber gerade der Zusammenhang zwischen Leistung und Lateralisierung macht die Frage nach Geschlechtsunterschieden interessant. Die Literatur zu Geschlechtsunterschieden in der zerebralen Asymmetrie ist noch hauptsächlich damit befaßt, allein diese Unterschiede zu messen.

Die Datenbasis bezüglich der Überlegenheit von Frauen bei verbalen Leistungen (vgl. Maccoby & Jacklin, 1974; Heister, 1982) ist sehr spärlich, verglichen mit der, die auf eine Überlegenheit des männlichen Geschlechts bei räumlich-visuellen Aufgaben und mathematischen Fähigkeiten hinweist. Benbow & Stanley (1980) fanden bei der Untersuchung von 9927 amerikanischen Schülern im Rahmen einer mathematischen Talentsuche einen deutlichen Geschlechtsunterschied zugunsten der Jungen und glauben, daß dies mit den größeren Fähigkeiten von Männern in räumlich-visuellen Aufgaben zusammenhängen könnte. Unterschiede in der Beschulung oder im Interesse schieden als Erklärung aus. Ungefähr 40000 ausgewählte Schüler wurden von 1972-1979 in dieser Talentsuche erfaßt, mit denen in diesem Rahmen der Scholastic Aptitude Test (SAT) durchgeführt wurde. Zusätzlich gab es eine nationale Talentsuche, bei der jeder bis 13 Jahre alte Schüler mitmachen konnte. Benbow & Stanley (1983) berichten, daß bei beiden Aktionen ein Geschlechtsunterschied in der mathematischen Denkfähigkeit festgestellt wurde, der speziell im oberen Ende der Verteilung auftrat. In der Gruppe der Höchstbegabten war das Verhältnis von Jungen zu Mäd-

chen 13 zu 1. Es fanden sich keine Unterschiede in der verbalen Fähigkeiten (SAT-V) und auch keine Belege für eine soziale Erklärung dieses Geschlechtsunterschieds über Interesse oder Rollenverhalten. Nach Benbow (1983) haben von den mittlerweile 65000 bis 13 Jahre alten begabten Schülern wesentlich mehr Jungen als Mädchen hohe Testwerte erreicht; auf dem höchsten Niveau verhielt sich das Verhältnis von Jungen zu Mädchen wie 15 zu 1. Sie nimmt an, daß dieser Geschlechtsunterschied zumindest zum Teil mit physiologischen Eigenschaften zusammenhängt. So waren die Schüler mit hohen mathematischen Fähigkeiten mehr als zweimal so oft linkshändig, sie hatten dreimal so oft Allergien und waren viermal so oft kurzsichtig wie andere dreizehnjährige Schüler.

Bezüglich der Lateralisierung belegt zunächst eine Fülle von Untersuchungen, daß das Auftreten von Linkshändigkeit oder Beidhändigkeit in männlichen Stichproben größer ist als in weiblichen (vgl. McGlone, 1980). Einige konnten aber auch keinen Unterschied feststellen. Wenn die Bevorzugung der Hand über verschiedene Tätigkeiten hinweg skaliert wurde, zeigten Frauen eine ausgeprägtere Rechtshändigkeit als Männer. Wenn allerdings die unimanuelle motorische Geschicklichkeit geprüft wurde, zeigten sich meist keine Geschlechtsunterschiede.

In klinischen und experimentalpsychologischen Untersuchungen zur Lateralisierung sind häufig (wenn man überhaupt die Geschlechter getrennt ausgewertet hat) Unterschiede in der Asymmetrie aufgetreten. Die Interpretation ist allerdings noch unklar. Die einen vertreten die Ansicht, Frauen seien weniger lateralisiert, die anderen, sie seien stärker lateralisiert als Männer, und wieder andere gehen davon aus, daß solche Verallgemeinerungen noch verfrüht sind. Häufig wird versucht, die Sprachlaterslierung mit den schlechteren Leistungen der Frauen bei räumlich-visuellen Aufgaben in Verbindung zu setzen (z.B. Hannay, 1976).

Obwohl die Datenbasis zu Geschlechtsunterschieden in der Lateralisierung noch sehr gering bzw. kontrovers ist, wie in den folgenden Teilen dieses Kapitels noch deutlich wird, und die Ergebnisse sehr stark von den jeweiligen Erhebungsmethoden abhängen, haben

einige Autoren schon dezidierte "theoretische" Positionen bezogen.

Kimura (1969) nimmt an, daß bei Männern die räumlich-visuellen Funktionen stärker in der rechten Hemisphäre lokalisiert sind als bei Frauen. Bezüglich der Sprachfunktionen der linken Hemisphäre sollen keine Geschlechtsunterschiede bestehen. Als Beleg werden Experimente mit visueller Halbfelddarbietung angeführt. Männer zeigen eine größere Rechts-Asymmetrie bei räumlich-visuellen Aufgaben, und bei sprachlichen Aufgaben zeigen sich meist keine Geschlechtsunterschiede (Kimura, 1969; Knox & Kimura, 1970; McGlone & Davidson, 1973). Heute (Kimura, 1983) vertritt sie die Ansicht, daß es nicht erst einen Geschlechtsunterschied in der zerebralen Asymmetrie gibt, sondern schon Unterschiede in der funktionalen Organisation innerhalb der linken Hemisphäre.

Levy (Levy, 1972; referiert nach Bryden, 1979) glaubt, die Sprachfunktion sei bei Frauen, wie auch bei Linkshändern, eher in beiden Hemisphären lokalisiert. Wenn bilaterale Sprachfunktion die Entwicklung der "spatial"-Funktion beeinträchtigt, müßten danach Frauen, wie männliche Linkshänder, schlechtere "spatial"-Fähigkeiten aufweisen. Es wurde nicht davon ausgegangen, daß auch die Sprachfunktion durch bilaterale Lokalisation beeinträchtigt werde , und Levy (1974) vermutet, bilaterale Sprachfunktion bevorteile sprachliche Leistungen. Relativ niedrigere "spatial"-Leistungen von Linkshändern führt sie darauf zurück, daß in Linkshänder-Stichproben mehr Individuen mit bilateraler Sprachlokalisation vertreten sind als unter Rechtshändern. Rechtshändige Frauen müßten nach Levy im Leistungsniveau und in der Asymmetrie linkshändigen Männern entsprechen. Die Unterlegenheit von Frauen in "spatial"-Tests führt sie auf genetische Faktoren zurück, die möglicherweise bewirken sollen, daß Frauen weniger gut lateralisiert sind als Männer. Levy & Reid (1978) vertreten schließlich die Position, daß die zerebrale Organisation eine Funktion der Händigkeit, der Handhaltung beim Schreiben und des Geschlechts ist. In allen untersuchten Gruppen waren die Frauen weniger stark lateralisiert als die Männer.

Buffery & Gray (1972) gehen dagegen davon aus, daß sich die zerebrale Asymmetrie von einem bilateralen Stadium bis zu einem bestimmten Grad an Asymmetrie entwickelt. Sie glauben, die Sprachfunktion sei bei Frauen früher und stärker in der linken Hemisphäre lokalisiert als bei Männern und daraus ergebe sich eine sprachliche Überlegenheit der Frauen. Entsprechend vermuten sie, daß räumlich-visuelle Funktionen bei Frauen früher und stärker in der rechten Hemisphäre lokalisiert sind als bei Männern. Die stärkere bilaterale Sprachlokalisation bei Männern soll die Voraussetzung für die bilaterale Lokalisation von räumlich-visuellen Aufgaben in der Phylogenese gewesen sein. Als Beleg wird eine experimentelle Kombination von dichotischem Hören und visueller Halbfelddarbietung angesehen. Bei Mädchen war früher als bei Jungen eine Überlegenheit der linken Hemisphäre aufgetreten, wenn man den Vergleich eines akustischen Reizes (Wortes), der über das rechte oder linke Ohr dargeboten wurde, mit einem tachistoskopisch im rechten oder linken Feld dargeboteten verlangte. Außerdem trat bei Mädchen eher als bei Jungen eine Überlegenheit der linken Hand bei bimanuellen Koordinationsaufgaben auf. Aus diesen Ergebnissen wird von Buffery (1973) auf eine früher und stärker eintretende Überlegenheit der rechten Hemisphäre bei Frauen für räumlich-visuelle Aufgaben geschlossen. Entsprechend verstehen Buffery & Gray (1972) die angeblich größere Bilateralität der "spatial"-Fähigkeiten von Männern als Folge der weniger gut lateralisierten verbalen Funktionen.

Fairweather (1976) kritisiert heftig Buffery & Gray (1972). Er beruft sich auf Experimente, die keine Geschlechtsunterschiede gezeigt haben bzw. führt auch solche an, die eine größere Asymmetrie bei Männern als bei Frauen ergeben hatten. Insgesamt bringen die vorliegenden Befunde nach Fairweather sehr wenig Evidenz für einen Geschlechtsunterschied im verbalen Bereich. Bezüglich der "spatial"-Fähigkeiten gibt es seiner Meinung nach deutliche Hinweise darauf, daß diese Funktionen bei Frauen symmetrischer angelegt sind als bei Männern. Fairweather betrachtet Buffery & Grays (1972) Thesen als völlig widerlegt. Er glaubt, daß die Datenbasis noch nicht ausreicht, um auf dieser Grundlage eine Theorie konstruieren zu

können. Bezüglich der von ihm referierten Lateralisierungsexperimente kommt er zu dem Urteil, sie seien beides: "ill-thought and ill-performed" (Fairweather, 1976, S. 268).

McGlone (1980) versucht in ihrem Artikel, die Frage zu klären, ob Geschlechtsunterschiede in der verbalen und räumlich-visuellen Lateralisierung existieren und ob, wenn das zutrifft, das Gehirn des einen Geschlechts symmetrischer angelegt ist als das des anderen. Sie bezieht sich nur auf Untersuchungen an Rechtshändern und kommt auf der Basis der von ihr referierten Literatur zu dem Schluß, daß das männliche Gehirn asymmetrischer organisiert ist als das weibliche. Dies sei im Erwachsenenalter häufig zu finden, in der Kindheit aber kaum. Meiner Meinung nach ist dieser Schluß nicht nur verfrüht, sondern wird sehr wahrscheinlich so global nie möglich sein, da die zerebrale Organisation sehr viel komplizierter und differenzierter ist, als daß eine Klassifizierung als generell asymmetrisch oder symmetrisch überhaupt angebracht wäre.

Bisher fehlt eine systematische Untersuchung der Geschlechtsunterschiede. Die vorliegenden experimentellen Resultate sind meist mehr oder weniger Zufallsprodukte, d.h. die Fragestellung war eine andere, aber zufällig wurde ein Geschlechtsunterschied signifikant (Ausnahme z.B. Waber, 1976). Es werden also widersprüchliche Thesen vertreten, und bei den verschiedenen theoretischen Positionen der Autoren handelt es sich meist um post-hoc-Erklärungen der experimentellen Ergebnisse. Mittlerweile scheinen jedoch in der Literatur etwas mehr Belege für die Annahme der stärkeren Lateralisierung bei Männern zu sprechen, wie die folgenden Teile dieses Kapitels zeigen. Vorerst hat man meiner Meinung nach wegen der heterogenen experimentellen Befunde noch keine Möglichkeit zu solchen einfachen Generalisierungen.

2.1 Klinische Untersuchungen

Die Auswertung klinischer Untersuchungen bezüglich der Frage nach Geschlechtsunterschieden in der Lateralisierung ist aus mehreren Gründen sehr schwierig. Erstens sind klinische Untersuchungen (z.B. bei Hirnverletzung, split-brain, usw.) meist methodisch sehr eingeschränkt, d.h. es handelt sich häufig um Einzelfallstudien, und bei Gruppenuntersuchungen sind oft wichtige Variablen nicht erhoben. Außerdem sind früher die meisten Untersuchungen an Kriegsveteranen vorgenommen worden, und auch später wurde zunächst noch nicht zwischen Männern und Frauen unterschieden. Auch heute ist es noch schwierig, genaue Statistiken z.B. über Häufigkeit und Schweregrad der Aphasie bei Männern und Frauen zu erhalten, da die Mehrzahl der Patienten in den Rehabilitationskrankehäusern Männer sind. Es wäre aber gerade interessant zu prüfen, ob Frauen weniger häufig eine Aphasie bekommen als Männer, diese bei ihnen im Schnitt weniger schwer ist und schneller wieder zurückgeht. Das müßte man nämlich erwarten, wenn bei Frauen die Sprache weniger stark lateralisiert ist. Daß es sehr schwierig ist, diese Fragen empirisch zu klären, zeigen die bereits vorliegenden Untersuchungen.

Lansdell & Urbach (1965) konnten zeigen, daß Männer mit linkstemporaler Lobektomie bei Intelligenztests stärkere verbale Beeinträchtigungen als nonverbale aufwiesen, während Männer mit rechtsseitiger temporaler Lobektomie relativ in den nichtverbalen Leistungen beeinträchtigt waren. Bei Frauen waren keine entsprechenden Differenzen zwischen der rechten und linken Gruppe aufgetreten. Bei Lansdell (1961) zeigten sich Geschlechtsunterschiede, bei Lansdell (1968a) trat dagegen keine Geschlecht-Hemisphäre-Interaktion auf. Auch Warrington & Pratt (1973) konnte keine Evidenz für größere bilaterale Sprachrepräsentation bei Frauen finden.

Einen Beleg für eine stärkere Sprachlateralisierung bei Männern und größere Bilateralität bei Frauen lieferten vor allem McGlones Experimente. Nach McGlone (1977) zeigte sich, daß Aphasie nach linkshemisphärischer Läsion bei Männern dreimal so oft vorkam

wie bei Frauen. Wenn Aphasiker aus der Stichprobe herausgenommen wurden, zeigten nur Männer mit linksseitiger Läsion verminderten Verbal-IQ und beeinträchtigtes verbales Gedächtnis verglichen mit Männern mit rechtshemisphärischer Schädigung. Es gab dagegen keinen signifikanten Unterschied zwischen Frauen mit linker oder rechter Schädigung. In einer weiteren Arbeit (McGlone, 1978) trat für Männer die erwartete Minderung der verbalen Leistung nach linkshemisphärischen Läsionen auf und eine reduzierte nonverbale Intelligenz bei rechtshemisphärischen Läsionen. Rechtshändige Frauen zeigten dagegen keine solche spezielle Beeinträchtigung nach unilateralen Hirnschäden. Daraus schließt McGlone auf eine größere funktionale Asymmetrie bei Männern. McGlone (1980) referiert noch einige Untersuchungen, deren Ergebnisse auf eine stärkere rechtshemisphärische Lokalisation der verbalen Funktionen hindeuten, von denen aber auch einige Ergebnisse nicht signifikant waren. Die wichtigsten in diesem Rahmen dargestellten Untersuchungen sind die von Lansdell (1961, 1968b, 1973). Bezüglich der verbalen Tests stützen die Ergebnisse McGlones Position, bezüglich der nonverbalen Tests waren sie uneinheitlich. Es kam hier auf die Art des Tests an, ob sich ein Geschlechtsunterschied zeigte und auch auf die Ätiologie.

Neueste Befunde, wie die Ergebnisse einer sehr umfangreichen Untersuchung von Kertesz & Sheppard (1981) an 114 Männern und 78 Frauen, widersprechen teilweise der Auffassung McGlones. Wenn die Sprache stärker bilateral bei Frauen repräsentiert wäre, würde man erwarten, daß bei unilateraler linkshemisphärischer Hirnschädigung deren Sprachfähigkeiten weniger beeinträchtigt wären als die der Männer, wegen der zusätzlichen Sprachfunktionen der rechten Hemisphäre. Kertesz & Sheppards Daten bestätigten dies nicht, im Gegenteil, die Frauen waren sogar etwas schlechter in den Sprachtests als die Männer. Und umgekehrt würde man erwarten, daß rechtshirngeschädigte Frauen stärker bei verbalen Tests beeinträchtigt sein müßten als Männer. Auch das wurde durch die Daten nicht bestätigt. Andererseits konnte die Beobachtung, daß Männer mit rechtshemisphärischer Schädigung stärker bei räumlich-visuellen Aufgaben beeinträchtigt sind als Frauen (McGlone & Kertesz, 1973) durch einen Trend der Daten gestützt werden. Wenn

es den Anschein hat, daß Männer häufiger eine Aphasie bekommen als Frauen, so liegt das nach Kertesz & Sheppard (1981) daran, daß Männer häufiger Schlaganfälle erleiden als Frauen. Unter linkshemisphärischen Schlaganfallpatienten sind gleich viele Männer und Frauen mit Aphasie.

Auch DeRenzi et al. (1980) widersprechen McGlone in diesem Punkt. In ihrer Untersuchung mit 200 Aphasikern fanden sie keinerlei Hinweis darauf, daß Aphasie häufiger bei Männern auftritt; sie nehmen an, daß McGlones Ergebnis (1977) auf einem Stichprobenfehler beruht. Ihre Daten zeigten aber, daß "non-fluent"-Aphasie häufiger bei Männern als bei Frauen auftrat. Dagegen konnten Basso et al. (1980) keinen Zusammenhang zwischen Geschlecht und Aphasie-Typ bei einer Stichprobe von 718 Aphasikern finden. Anhand einer ebenfalls sehr großen Stichprobe amerikanischer Aphasiker zeigte sich jedoch, daß Frauen häufiger eine Broca-Aphasie bekommen, was wiederum DeRenzi et al.s (1980) Befund widerspricht (Harasymio et al., 1981). In einer Untersuchung mit 264 männlichen und 121 weiblichen Aphasikern stellten Basso et al. (1982) fest, daß die Frauen signifikant bessere Fortschritte in der expressiven Sprache machten als die Männer, nicht hingegen im auditiven Sprachverständnis. Die Autoren gehen aber selbst davon aus, daß diese Daten keine Information bezüglich der zerebralen Asymmetrie liefern, da es ihnen nicht möglich war zu erheben, ob die beiden Versuchspersonengruppen hinsichtlich der Schwere der Läsion vergleichbar waren.

Bei der Reanalyse der Daten verschiedener Studien, die das Geschlecht zwar aufführten, nicht aber als experimentelle Variable berücksichtigt hatten, kommen Inglis & Lawson (1981) zu dem Ergebnis, daß das Resultat die Position McGlones (1977) stützt. Männer mit linkshemisphärischer Schädigung zeigten ein signifikantes Defizit im Verbal-IQ und rechtsseitig Geschädigte ein Defizit im Handlungs-IQ. Bei Frauen trat dieses Muster nicht auf. Frauen mit linkshemisphärischer Schädigung zeigten eine signifikante Minderung sowohl im Verbal- als auch im Handlungs-IQ, während die rechts geschädigten keine signifikante Minderung aufwiesen. In einer eigenen Untersuchung an 100 Hirngeschädigten

fanden Inglis et al. (1982) ein ähnliches Ergebnis. Links hirngeschädigte Männer hatten einen niedrigeren Verbal-IQ verglichen mit dem Handlungs-IQ, während für rechts hirngeschädigte Männer der mittlere Handlungs-IQ niedriger war als der Verbal-IQ. Frauen zeigten dagegen keine solchen Differenzen.

In einer Reanalyse dieser Daten (Inglis et al., 1983) verglichen die Autoren die Leistungen der Hirngeschädigten mit denen von gesunden Versuchspersonen. Das Ergebnis war: Bei Linksschädigung zeigten Frauen keinen Unterschied zwischen Verbal- und Handlungs-IQ; beide sind beeinträchtigt verglichen mit der Kontrollgruppe. Männer sind ebenfalls in beiden Leistungen beeinträchtigt, hatten aber einen signifikant höheren Handlungs-IQ (verglichen mit dem Verbal-IQ), der auch signifikant höher war als der Handlungs-IQ der linksgeschädigten Frauen; d.h., Frauen verarbeiten die nonverbalen Tests mit einer verbalen kognitiven Strategie oder sie besitzen eine linkshemisphärische nonverbale Verarbeitungskapazität. Der Verbal-IQ war bei linksgeschädigten Männern und Frauen beeinträchtigt, nicht bei rechtsgeschädigten. Der Handlungs-IQ dagegen war bei rechtsgeschädigten Männern stärker beeinträchtigt als bei linksgeschädigten, während umgekehrt bei linksgeschädigten Frauen der Handlungs-IQ stärker reduziert war als bei rechtsgeschädigten. Zusammenfassend läßt sich also sagen: Die Männer zeigten das "normale Muster", allerdings auch Anzeichen einer gewissen linkshemisphärischen Beteiligung bei nonverbalen Aufgaben; die Frauen zeigten dagegen ein "paradoxes" Ergebnis, das entweder für eine stärkere Spezialisierung der linken Hemisphäre (als der rechten) für nonverbale Aufgaben spricht oder für den starken Einfluß einer verbalen Strategie beim Lösen solcher Aufgaben.

Eine neue und differenzierte Position bezüglich der Geschlechtsunterschiede wird heute von Kimura (1983, 1984) vertreten. Bei einer erneuten Auswertung der Daten von 216 hirngeschädigten Patienten (darunter auch die Patienten McGlones) stellte sie fest, daß Sprachstörungen und manuelle Apraxie bei Frauen häufiger durch Schädigung in anterioren Bereich der linken Hemisphäre als durch Schädigung im posterioren Bereich bedingt waren. Das trat nicht

für Männer auf. Bei den 169 Patienten mit rechtsseitiger Hirnschädigung trat Aphasie extrem selten auf und nicht unterschiedlich häufig für Männer und Frauen. Kimura schließt aus diesen Ergebnissen, daß Geschlechtsunterschiede innerhalb der linken Hemisphäre bestehen und daß Sprache nicht einfach bei Frauen stärker bilateral angelegt ist. Darüberhinaus waren mehr Männer als Frauen aphasisch (was vermutlich mit der höheren Anzahl von vasculären Erkrankungen bei Männern zusammenhängt) und der Tendenz nach mehr Frauen "non-fluent".

Kimura vermutet, daß Sprache bei Frauen von anderen Bereichen der linken posterioren Hemisphäre abhängt als bei Männern oder innerhalb dieser Region diffuser organisiert ist. Bezüglich der Schwere der Aphasie zeigte sich, daß eine anteriore Läsion bei Frauen eine schwerere Störung bewirkt als eine posteriore, während bei Männern die Differenz nicht auftrat (ausgenommen für "fluency"). Die Gruppe der anterior geschädigten Frauen zeigte nicht nur Sprachstörungen und Schwierigkeiten bei nonverbalen Mundbewegungen, sondern zusätzlich Schwierigkeiten im Kopieren von manuellen Bewegungen, die bei Männern meist bei parietalen Schädigungen auftreten. Die wesentliche These Kimuras ist, daß die intrahemisphärische Organisation der Sprache sich bei Männern und Frauen unterscheidet. Zusätzlich nimmt sie an, daß es bei Frauen eine größere Überlappung von Funktionen zwischen den Hemisphären gibt, die die posterioren Regionen mehr betreffen als die anterioren. Ihrer Meinung nach ist daher von besonderem Interesse, nicht nur die Wahrnehmungsasymmetrie zu betrachten, sondern auch die motorische, bei der posteriore Systeme vermutlich weniger Einfluß haben; hier könnte der Geschlechtsunterschied umgekehrt sein, da bekanntlich die Präferenz für die rechte Hand bei Frauen stärker ausgeprägt ist als bei Männern.

Bei Untersuchungen an hirngeschädigten Patienten gibt es also eine Fülle von Hinweisen auf Geschlechtsunterschiede in der zerebralen Organisation. Doch eine so einfache Vorstellung wie "Männer stärker asymmetrisch als Frauen" ist nicht haltbar. Unterschiede in der zerebralen Organisation scheinen, wie besonders die neuesten Ergebnisse von Kimura zeigen, wesentlich komplizierter zu sein.

2.2 Tierexperimentelle und neuroanatomische Arbeiten

Wenn man an den biologischen Grundlagen von Geschlechtsunterschieden in der Lateralisierung interessiert ist, sind Experimente zur Hemisphärendominanz an Tieren als Vergleich wichtig. Wenn sich schon bei Tieren solche Geschlechtsunterschiede zeigen ließen, würde das die Annahme von biologisch-genetischen Ursachen der Lateralisierungsunterschiede beim Menschen Stützen. Das Problem besteht aber auch in der Tierforschung zunächst darin, Hemisphärendominanz aufzuzeigen. Man hat verschiedentlich Geschlechtsunterschiede bei Tieren in Lernexperimenten gefunden. Es zeigte sich, daß männliche Tiere überlegen waren, wenn "spatial abilities" gefordert wurden, was als zusätzlicher Beleg für die genetische Theorie der weiblichen Unterlegenheit im räumlich-visuellen Wahrnehmen angesehen wird. Die Frage nach Geschlechtsunterschieden in der Lateralisierung bei Tieren ist noch kaum untersucht, u.a. wohl deshalb, da man annimmt, zerebrale Asymmetrie trete erst beim Menschen auf. Allerdings sind einige Untersuchungen von Nottebohm an Vögeln (1977, Nottebohm & Arnold, 1976) in diesem Zusammenhang interessant. Bei männlichen Singvögeln existiert eine linkshemisphärische Dominanz für komplizierten Gesang. Weibliche Vögel singen gewöhnlich nicht, konnten aber durch Testosteron-Injektionen dazu gebracht werden. Die Bezirke der linken Hemisphäre, die für die vokale Kontrolle zuständig sind, waren bei männlichen Tieren größer als bei nicht-androgenisierten weiblichen. Es könnte daher aufschlußreich sein, den Hormonspiegel in Lateralisierungsuntersuchungen einzubeziehen, da eventuell eine Interaktion besteht.

Neuroanatomische Arbeiten sind in der Regel nicht mit Fragen der zerebralen Asymmetrie befaßt sondern mit der Untersuchung sehr viel differenzierterer Strukturen. Eine der großen Entdeckungen in diesem Bereich ist der "sexually dimorphic nucleus" in der präoptischen Region, dessen Zellzahlen durch postnatale Hormongaben bestimmt sind (Harlan et al., 1979; Gorski, 1984). Die funktionalen Konsequenzen sind allerdings noch unklar. Einen Geschlechtsunterschied in der Asymmetrie des präfrontalen Cortex der Ratte konnten van Eden et al. (1984) nachweisen. Die Asym-

metrie veränderte sich im Laufe der Entwicklung, und der Geschlechtsunterschied war am größten am 14. Tag nach der Geburt, wo für weibliche Tiere das größte Volumen in der linken Hemisphäre gefunden wurde, für männliche in der rechten.

Auch in neuroanatomischen Untersuchungen am menschlichen Gehirn wurde meist nicht auf Geschlechtsunterschiede geachtet. Allgemein stellte man fest, daß die linke Hemisphäre oft größer und schwerer ist als die rechte und speziell, daß das linke Planum Temporale größer als das rechte ist. Nach Wada et al. (1975) besteht folgender Trend: Größeres Planum Temporale bei Männern als bei Frauen und bei mehr Jungen als Mädchen umgekehrte Asymmetrie. Nach Wada (1976; referiert nach Bryden, 1979) war das Planum Temporale auf beiden Seiten bei Jungen größer als bei Mädchen, was Bryden (1979) so interpretiert, daß die Asymmetrie mit dem Alter zunimmt, und zwar für Jungen mehr als für Mädchen. Für die Entwicklung der Asymmetrie spricht auch der Befund (Wada, 1976), nach dem in 82 von 100 erwachsenen Gehirnen das linke Planum Temporale größer war, und in 10 das rechts, während bei 56 von 100 Kindern das linke größer war und bei 12 das rechte.

Diese anatomischen Befunde sind schwer zu beurteilen, da einerseits meist nur "Trends" berichtet werden, die Stichproben natürlich meist klein sind, und wichtige Variablen oft nicht aufgeführt sind. So ist das Hirngewicht bei Kindern natürlich nicht nur vom Alter, sondern auch vom Entwicklungsstand abhängig usw. Außerdem kann man nicht annehmen, daß anatomische Unterschiede funktionale Unterschiede notwendig bedingen. Über den Zusammenhang kann man zunächst nur spekulieren.

Es wäre auch denkbar, daß Geschlechtsunterschiede in den interhemisphärischen Verbindungen oder in subkortikalen Strukturen bestehen. Bisher wurde die Frage leider kaum untersucht. In diesem Zusammenhang berichteten Lansdell & Davie (1972), daß das Fehlen der "massa intermedia" bei Männern zu relativ schlechterer nonverbaler als verbaler Leistung führte, aber bei Frauen keinen solchen Effekt hatte. Ein Befund, der eventuell für die Lateralisierungsforschung relevant werden könnte, ist der von Lacoste-

Utamsing & Holloway (1982), wonach beim Menschen ein Unterschied in der Form und Größe des Corpus Callosum von Männern und Frauen bestehen soll. Darin könnte natürlich die Ursache für Unterschiede im interhemisphärischen Transfer liegen. Leider ist die Stichprobe von untersuchten Gehirnen noch relativ klein.

McGlone (1980) weist auf die Möglichkeit von vaskulärer Asymmetrie hin, die aber noch kaum erforscht ist, besonders nicht im Hinblick auf funktionale Unterschiede. Anscheinend sind bei cerebro-vasculären Erkrankungen eher die Arterien betroffen, die die linke Gehirnseite versorgen (nur ein Trend). Nach Hutchinson & Acheson (1975; referiert nach McGlone, 1980) war bei "vaskulären Episoden" beim ersten Mal häufiger die linke Hemisphäre bei Männern, aber bei Frauen häufiger die rechte betroffen.

Bisher gibt es relativ wenige Befunde neuro-anatomischer Unterschiede zwischen Männern und Frauen; und die es gibt, sind schwer zu interpretieren, da man nicht davon ausgehen kann, daß eine morphologische Asymmetrie mit einer funktionalen korreliert.

2.3 "Normative" Studien

2.3.1 Dichotisches Hören

Eine ganze Reihe von Untersuchungen, die mit dieser Technik arbeiteten, fanden keinen Zusammenhang zwischen Geschlecht und Rechtsohrüberlegenheit bei der Verarbeitung von verbalem Material (z.B. Briggs & Nebes, 1976; Lishman & McMeekan, 1977; Searleman, 1980); bei anderen trat kein Geschlechtsunterschied bei nonverbalem Material auf (z.B. Mazzucchi et al., 1981). Viele Untersuchungen haben dagegen eine größere Rechtsohrüberlegenheit für verbales Material bei Männern ergeben (z.B. Lake & Bryden, 1976; Bryden, 1979). Bryden (1979) kommt zu dem Schluß, daß die meisten Untersuchungen, die Geschlechtsunterschiede berichteten, zeigen, daß Männer eher eine Rechts-Links-Differenz zeigen und daß, wenn beide Geschlechter diese Differenz aufweisen, sie bei Männern größer ist als bei Frauen.

Auch neuere Untersuchungen weisen auf einen Geschlechtsunterschied hin. In einem sehr komplizierten Experiment (audio+visuell) fand Piazza (1980), daß Linkshändigkeit (und familiäre Linkshändigkeit) mit atypischer oder bilateraler Hemisphärenspezialisierung einhergeht und daß eine Interaktion zwischen Geschlecht, Händigkeit und familiärer Händigkeit bei den verwendeten auditiven Tests auftrat. Männer waren stärker für Sprachprozesse lateralisiert, während rechtshändige Frauen nichtsprachliche auditive Reize stärker lateralisiert verarbeiteten. Das Geschlecht beeinflußte in dieser Studie nicht die Verarbeitung von visuell dargebotenen Reizen (Wörter und Gesichter).

Geffen & Traub (1980) konnten zwar keine direkte Evidenz für Geschlechtsunterschiede bezüglich der Lateralisierung liefern, da kein direkter Vergleich der verschiedenen Versuchspersonengruppen in einer Varianzanalyse möglich war; allerdings trat bei den Männern ein signifikanter Unterschied zwischen Reizen, die dem rechten bzw. linken Ohr dargeboten wurden, auf (schnellere Reaktion bei Reizung des rechten Ohres), während dieser Unterschied für die Frauenstichprobe nicht signifikant wurde.

Während meines Wissens nur eine dichotische Arbeit eine größere Asymmetrie für Frauen (bei CV-Silben) berichtete, scheinen also die meisten Arbeiten auf eine größere Asymmetrie bei Männern hinzuweisen, sofern ein Geschlechtsunterschied signifikant wird. Das könnte natürlich damit zusammenhängen, daß schon bei einfachen Tönen Männer eine Rechtsohrüberlegenheit zeigen, Frauen aber nicht, was die Interpretation der Ergebnisse kognitiver Lateralisierungsstudien natürlich erschwert. In einer Untersuchung mit 195 Männern und 82 Frauen zwischen 24 und 84 Jahren konnten Borod et al. (1983) nämlich zeigen, daß die Reizschwellen bei monaural dargebotenen Tönen bei Männern für die beiden Ohren verschieden waren und der Rechtsohrvorsprung mit zunehmendem Alter größer wurde, während bei Frauen keine signifikante Ohrdifferenz auftrat.

Die dichotischen Studien liefern also noch ein relativ unklares Bild bezüglich der Geschlechtsunterschiede in der Lateralisierung. Man muß allerdings berücksichtigen, daß die Untersuchungen verschiedener Autoren kaum vergleichbar sind. Die Berechnung des Lateralitätskoeffizienten kann z.B. sehr verschieden sein und das Ergebnis determinieren. Außerdem sollte gerade beim dichotischen Hören die Aufmerksamkeitsverteilung kontrolliert sein. Eventuell würden dann auch die Geschlechtsunterschiede verschwinden.

2.3.2 Visuelle Halbfelddarbietung

Es ist fast noch problematischer, die Ergebnisse verschiedener Tachistoskop-Untersuchungen zusammenzufassen, als die von dichotischen Untersuchungen. Die Ergebnisse sind (abgesehen von der Art der Reize und der Verarbeitungsaufgabe) sehr stark von den Erhebungsmethoden abhängig; man müßte beachten, ob es sich um unilaterale oder bilaterale Darbietung handelt, ob das Fixationszeichen von der Versuchsperson berichtet werden sollte, wie lang die Darbietungszeit war, in welcher Entfernung vom Fixationspunkt die Reize dargeboten wurden, wie groß und hell sie waren usw. Außerdem besteht die Möglichkeit, daß die gemessene Asymmetrie durch Aufmerksamkeitsrichtung, Lesegewohnheit, "directional scanning" oder "output-Modalitäten" beeinflußt ist.

Nach Bryden (1979) verwendeten die meisten Untersuchungen, die Geschlechtsunterschiede berichteten, nonverbale Reize. Es zeigte sich dabei meist ein stärkerer Links-Effekt für Männer. Bei Frauen zeigte sich häufiger als bei Männern eine Rechtsfeldüberlegenheit für nonverbale Reize, woraus geschlossen wurde, daß die linke Hemisphäre für Frauen häufiger von größerer Wichtigkeit für solche Funktionen ist als für Männer (z.B. Kimura, 1969; McGlone & Davidson, 1973).

Auch die Literaturübersicht zu Tachistoskop-Experimenten von Fairweather (1982) zeigt diese Tendenz; allerdings wird aus der Aufstellung der Arbeiten dort auch klar, daß die weitaus meisten Experimente keinen signifikanten Geschlechtsunterschied bezüglich der lateralisierten Verarbeitung nonverbaler Reize erbrachten (bei neuesten Arbeiten z.B. auch Jones & Anuza, 1982). Andere Experimente zeigten kompliziertere Zusammenhänge zwischen Geschlecht und Verarbeitungsasymmetrie auf wie z.B. Hannay (1976), so daß es fraglich erscheint, ob man überhaupt die experimentellen Ergebnisse unter dem globalen Gesichtspunkt "mehr oder weniger asymmetrisch" zusammenfassen kann. In dieser Arbeit zeigten Frauen mit relativ niedrigen Leistungen im Block "Design" eine Rechtsfeldüberlegenheit, während Frauen mit relativ hoher Gesamtleistung eine Linksfeldüberlegenheit aufwiesen. Bei Männern trat ein signifikanter Rechtseffekt auf, aber die Leistung war nicht mit derAsymmetrierichtung korreliert.

Die experimentellen Ergebnisse von Arbeiten zur lateralisierten Wahrnehmung von Gesichtern waren bisher uneinheitlich (z. B. Leehy et al., 1978; Rizzolatti & Buchtel, 1977; Landis et al., 1979; Ladavas et al., 1980). Ebenso zeigten von den neuesten Arbeiten einige keinen signifikanten Geschlechtsunterschied in der Lateralisierung (z.B. Strauss & Moscovitch, 1981; Thompson, 1983) und andere Geschlechtsunterschiede komplizierterer Art. McKeever & Dixon (1981) fanden bei Frauen die vorhergesagten Ergebnisse, nämlich eine Linksfeldüberlegenheit bei affektivem "imagery" und keine bei neutralem "imagery", während die Männer in keinem Fall eine Linksfeldüberlegenheit zeigten. Young & Bion (1983) fanden in ihrer Studie die These Rizzolatti

& Buchtels (1977) bestätigt, daß Frauen nicht einfach weniger zerebrale Asymmetrie entwickeln als Männer, sondern daß sich die Geschlechter in den Bedingungen unterscheiden, die für die Aktivierung dieser asymmetrischen Mechanismen notwendig sind.

Auch bezüglich der Verarbeitung von verbalem Material haben die meisten Experimente keinen signifikanten Geschlechtsunterschied gezeigt. Nach der Aufstellung von Fairweather (1982) traten bei 42 verbalen Tachistoskopexperimenten keine signifikanten Geschlechtsunterschiede auf, bei 5 Arbeiten waren die Männer stärker lateralisiert und bei 2 Arbeiten die Frauen. Diese Aufstellung gibt die Tendenz der Ergebnisse in der Literatur sicher richtig wieder. Allerdings wurden einige Geschlechtsunterschiede übersehen, und andererseits tritt das Problem auf, daß sich manche Ergebnisse nicht so einfach in diese drei Kategorien einteilen lassen, d.h. die Geschlechtsunterschiede sind oft komplizierter und treten erst in kleineren Interaktionen auf, also nicht einfach generell als stärkere oder schwächere Asymmetrie.

Im folgenden sollen die Arbeiten, die Geschlechtsunterschiede zeigten, kurz dargestellt werden. Bei Hannay & Malone (1976b), die die Ergebnisse ihrer früheren Untersuchung (1976a) auf Geschlechtsunterschiede hin prüften, zeigte sich bei Frauen eine Rechtsfeldüberlegenheit bei verbalem Material nur für ein Gedächtnisintervall von 5 sec, während diese Asymmetrie bei Männern für beide Bedingungen (5 sec und 10 sec) auftrat. Aus der Tatsache, daß Männer in zwei Bedingungen eine größere signifikante Rechtsfeldüberlegenheit zeigten, wurde geschlossen, Frauen seien weniger für Sprachverarbeitung lateralisiert, obwohl kein statistischer Vergleich der beiden Geschlechter gemacht wurde.

In einem Experiment zur Buchstabenwahrnehmung, bei dem eine räumlich-visuelle und eine verbale Verarbeitungsstrategie gefordert war, konnte Martin (1978) zwar keinen Geschlechtsunterschied bezüglich der lateralisierten Verarbeitung finden, wohl aber einen Geschlechtsunterschied im Antwortverhalten. Bei "ja"-Entscheidungen waren Frauen schneller, wenn die rechte Hemisphäre die Reaktion auslöste, als wenn sie links ausgelöst wurde. Bei

Männern war es umgekehrt. Außerdem galt für Frauen, daß "nein"-Entscheidungen schneller als "ja"- Entscheidungen von der linken Hemisphäre ausgelöst wurden, aber "ja"- schneller als "nein"-Entscheidungen von der rechten.

Bei der Verarbeitung von Zahlen konnten Kail & Siegel (1978) und Milstein et al. (1979) eine stärkere Lateralisierung für Männer zeigen. Für eine stärkere Asymmetrie bei Männern spricht zum Teil auch eine Untersuchung von Bradshaw & Gates (1978). Sowohl die Latenz, als auch die Fehlermaße zeigten eine Rechtsfeldüberlegenheit bei Männern. Frauen zeigten bei Buchstabenentscheidungen oft eine Linksfeldüberlegenheit, speziell im ersten Teil einer experimentellen Sequenz. Wenn das Benennen der Items verlangt war, zeigten sie ähnliche Asymmetrien wie Männer. Bradshaw & Gates interpretieren diese Ergebnisse als Ausdruck dafür, daß bei Frauen der Raum der rechten Hemisphäre, der "normalerweise" (Männer sind normal!) für "visuospatial"-Funktionen reserviert ist, von zusätzlichen Sprachmechanismen eingenommen wird. Diese scheinen speziell auf dem Buchstabenniveau zu arbeiten und könnten als Hilfskapazitäten bei schwierigem oder unvertrautem Material fungieren. In einer anderen Untersuchung mit lexikalischen Entscheidungen fanden Bradshaw et al. (1977) eine Rechtsfeldüberlegenheit nur für die rechtshändigen Männer.

Eine weitere Tachistoskop-Untersuchung, die die Möglichkeit einer größeren verbalen Bilateralität von Frauen belegt, ist die von Ehrlichman (1971). Bei einem Tachistoskopexperiment mit verbalen und nonverbalen Reizen zeigte sich, daß für verbale Reize die Felddifferenz bei Männern größer war als bei Frauen. In einer Arbeit von Segalowitz & Stewart (1979) wurde zwar der Haupteffekt Geschlecht nicht signifikant ("letter matching"), aber die Ergebnisse zeigen, daß Männer sowohl bei "name matching" als auch bei "physical matching" in der erwarteten Richtung lateralisiert waren, während bei den Frauen nur für "name matching" die Asymmetie in erwarteter Richtung auftrat. Eine Bestätigung der Vermutung von Segalowitz & Stewart (1979), daß Frauen auch bei "physical matching" eine verbale Verarbeitungsstrategie anwenden, sieht Birkett (1981) in seiner (allerdings nicht signifikanten) Inter-

aktion zwischen "match type" und Geschlecht. Die signifikanten Effekte dieser Arbeit bezüglich zerebraler Asymmetrie und Geschlecht könnte man im Sinne einer reduzierten Asymmetrie bei Frauen interpretieren. Eine größere Rechtsfeldüberlegenheit bei Männern fanden auch McKeever & Hoff (1982) sowohl für einen Objekt-Benenn-Test als auch für lexikalische Entscheidungen. Einen komplizierteren Geschlechtsunterschied bei lexikalischen Entscheidungen fanden dagegen Brand et al. (1983). Hier beeinflußte die Reihenfolge und Schwierigkeit der Tests die Asymmetrie der Frauen.

Mit emotionalen Wörtern arbeiteten Graves et al. (1981). Der Vorsprung der emotionalen Wörter war bei Männern im linken visuellen Feld größer, bei Frauen im rechten. Das Ergebnis der Männer war erwartungsgemäß; für Frauen war der Emotionalitätseffekt umgekehrt, wurde aber nicht signifikant - möglicherweise wegen der größeren intersubjektiven Variabilität. Der Feldeffekt insgesamt war bei Frauen uneinheitlicher als bei Männern. Die Hälfte der Frauen zeigte eine Linksfeldüberlegenheit. Auch Bradshaw & Gates (1978) berichten ähnliches, und Day (1977), der das Geschlecht nicht als experimentelle Variable behandelte, weist darauf hin, daß in seiner Arbeit die Versuchspersonen mit Linksfeldüberlegenheit hauptsächlich Frauen waren. Weitere "versteckte" Geschlechtsunterschiede traten in Arbeiten von Barry (1981) und Metzger & Antes (1976) auf. Bei Barry (1981) zeigte sich ein Geschlechtsunterschied in lexikalischen Entscheidungen nur bei der Trefferauswertung, nicht in den Reaktionszeiten, und zwar wurde die Interaktion zwischen Worttyp, visuellem Feld und Geschlecht signifikant. Bei Frauen war die Differenz zwischen homophonen und Kontrollwörtern im rechten Feld größer als im linken, während das umgekehrte für Männer eintrat. Metzger & Antes (1976) untersuchten den Einfluß der Codierungsstrategien auf den Lateralitätseffekt. Es wurde zwar kein Hemisphärenunterschied gefunden, wohl aber ein Zusammenhang zwischen Geschlecht und Codierungsstrategie. Männer antworteten schneller als Frauen in der "image"-Bedingung und Frauen schneller als Männer in der "rehearsal"-Bedingung. Bei verbalen Reizen waren die Frauen der Tendenz nach asymmetrischer als die Männer. Insgesamt reagierten die Frauen schneller auf die verbalen

und die Männer schneller auf die nonverbalen Reize. Auch bei nonverbalen Reizen war der Tendenz nach die Asymmetrie bei Frauen stärker als bei Männern. Bei beiden Gruppen verschiebt sich die Asymmetrierichtung in Abhängigkeit von der Kodierungsstrategie (image oder rehearsal) in die jeweilige Hemisphäre. Weitere Anzeichen für eine stärkere Asymmetrie bei Frauen lieferten McKeever & van Deventer (1977), in deren Experiment (Buchstabenwahrnehmung) nur die Frauen eine Rechtsfeldüberlegenheit zeigten. Auch in Prings (1981) Experiment mit lexikalischen Entscheidungen trat ein komplizierter Geschlechtsunterschied auf. Bei den gleichen Reizen wurde in Experiment 1 die Stimulusgröße und in Experiment 2 die Darbietungszeit variiert. In Experiment 1 kam es zu signifikanten Interaktionen mit Geschlecht, im zweiten Experiment nicht. Der Autor interpretiert dieses Ergebnis nicht weiter, sondern versteht es als Ausdruck der "Fragilität" des Geschlechtsunterschiede.

Insgesamt zeigte der weitaus größte Teil der Tachistoskopexperimente keinen signifikanten Geschlechtsunterschied (vgl. Fairweather, 1982, 87 von 111 Arbeiten), und die Arbeiten, die Geschlechtsunterschiede referierten, sind oft nicht so einfach zu interpretieren, daß man von einer generell größeren Asymmetrie bei Männern sprechen könnte. Aus der Fülle der negativen Befunde kann man aber, schon aus statistischen Gründen, nicht schließen, daß es keine Geschlechtsunterschiede in der zerebralen Organisation gibt. Es stellt sich vielmehr die Frage, wie die signifikanten Geschlechtsunterschiede zustandekommen und wieso die experimentellen Ergebnisse insgesamt so heterogen sind. Dabei drängt sich natürlich der Gedanke auf, daß eine oder mehrere bisher nicht kontrollierte Variablen den Effekt beeinflussen.

2.4 Elektrophysiologische Studien

In den letzten Jahren lieferten auch verschiedene elektrophysiologische Experimente einige Ergebnisse in bezug auf Geschlechtsunterschiede in der zerebralen Organisation, wenn sie auch in der Lateralisierungsliteratur (z.B. McGlone, 1980) praktisch nicht erwähnt werden. Es handelt sich dabei um Ruhe-EEG-Untersuchungen oder um EEG-Aufzeichnungen während der Verarbeitung bestimmter verbaler oder nichtverbaler Reize, aber auch um Studien mit evozierten Potentialen. Die Informationen, die solche Studien lieferten, sind, verglichen mit klinischen und "normativen" Studien noch sehr spärlich. Bei den Lateralisierungsstudien handet es sich meist um die Frage, ob verbale Reize bzw. Aufgaben bei Rechtshändern zu einer stärkeren Alpha-Unterdrückung in der linken Hemisphäre führen und nonverbale zu einer stärkeren in der rechten Hemisphäre. Ein Teil der Arbeiten war aber nicht ausdrücklich an Hemisphärenunterschieden interessiert.

So zeigten sich zunächst schon im Ruhe-EEG Geschlechtsunterschiede, ein Befund, den man bei anderen elektrophysiologischen Untersuchungen sicher berücksichtigen sollte. Fehlow (1978) weist auf Geschlechts- und Reifungsunterschiede im Ruhe-EEG von neurologischen und psychiatrischen Patienten hin. Als konstanter Geschlechtsunterschied trat eine häufiger und früher bei weiblichen Patienten vorkommende Beta-Tätigkeit auf. Mit normalen Versuchspersonen (Studenten) arbeiteten dagegen Friedl & Vogel (1979). In ihrer Untersuchung zeigten Frauen im Ruhe-EEG im Durchschnitt mehr Beta-Wellen, weniger Alpha-Wellen, höhere Beta-Amplituden, höhere mittlere Frequenzen und sonstige Zeichen, die nach Meinung der Autoren auf ein höheres Niveau von spontanem "arousal" hindeuten. Rechts-links-Unterschiede waren bei Männern in präzentralen Ableitungen etwas ausgeprägter als bei Frauen. Bei Deakin & Exley (1979), die auch Studenten untersuchten (45 Männer, 46 Frauen), war dagegen die mittlere Alpha-Frequenz der weiblichen Gruppe signifikant größer als die der männlichen. Sie konnten keinen Unterschied in der Alpha-Frequenz zwischen Frauen in der ersten bzw. zweiten Hälfte ihres Menstruationszyklus feststellen. Andere Autoren haben dagegen Unterschiede im EEG in Abhängigkeit vom

Hormonspiegel feststellen können. So konnten z.B. Vogel et al. (1971) zeigen, daß das EEG auf "photic stimulation" hin mit dem Menstruationszyklus und auch in Abhängigkeit von Hormongaben variiert.

Buchsbaum et al. (1974) konnten Alters- und Geschlechtsunterschiede in visuell und auditiv evozierten Potentialen nachweisen und untersuchten gleichzeitig den Einfluß von Hormonen auf die EP's, indem sie 10 Patienten mit "45xO" in die Stichprobe aufnahmen, Es wurden 166 normale Versuchspersonen im Alter zwischen 6 und 60 Jahren untersucht. Dabei stellte sich heraus, daß Frauen in allen Altersgruppen und die 45xO-Patienten höher-amplitudige EP's zeigten als Männer. Da Frauen in allen Altersgruppen größere Amplituden zeigten als Männer, ist der Geschlechtsunterschied wohl nicht auf Hormone zurückzuführen. Die Geschlechtshormone scheinen nach Meinung der Autoren eher an den Altersunterschieden beteiligt zu sein als an den Geschlechtsunterschieden. Aufgrund der Befunde an den 45xO-Patienten kann angenommen werden, daß das Fehlen des Y-Chromosoms zu den weiblichen EP-Mustern führt und daß der FSH- und LH-Spiegel jedenfalls nicht dessen alleinige Determinante sein kann. In ihrem Artikel führen Buchsbaum et al. (1974) noch eine Reihe weiterer elektroenzephalographischer Untersuchungen auf, die Geschlechtsunterschiede (höhere Amplituden bei Frauen) nachgewiesen haben (Ellis & Last, 1953; Smith, 1954; Eeg-Olofsson, 1971; Matousek & Petersen, 1973; Rodin et al., 1965; Shagass & Schwartz, 1965b; Buchsbaum & Pfefferbaum, 1971; Schenkenberg, 1970; Schenkenberg & Dustman, 1970). Diese Arbeiten waren alle noch nicht speziell an Hemisphärenunterschieden interessiert.

Die Ergebnisse von Lateralisierungsexperimenten, die mittlerweile mit Hilfe der Elektroenzephalographie durchgeführt wurden, sind schwer zu beurteilen, da man die Experimente kaum vergleichen kann. Die Befunde können verschieden sein, je nachdem, welche Reize dargeboten wurden, welche Verarbeitungsleistung gefordert war, ob visuelle oder akustische Darbietung vorlag, wo die Elektroden plaziert waren, und natürlich von der Art der Auswertung abhängen.

Ray et al. (1976) registrierten EEG's (temporal), während die Versuchspersonen je 4 Tests durchführten, die entweder die eine oder die andere Hemisphäre aktivieren sollten. Sie mußten z.B. Musik anhören, Zahlen addieren, Wörter in Sätzen zählen, visualisieren, Sätze konstruieren usw. Dabei zeigte sich, daß bei den Männern die Hirn-Aktivitäten zwischen den beiden Testarten signifikant verschieden waren, bei den Frauen jedoch nicht.

Ein ähnliches Ergebnis erzielten Trotman & Hammond (1979). Sie wollten prüfen, ob testbezogene Asymmetrien in der Unterdrückung des Alpha-Rhythmus zwischen den Geschlechtern unterschiedlich sind. Fünf Männer und fünf Frauen führten drei verbal-numerische und drei räumlich-visuelle Aufgaben aus. Der Anteil der rechtshemisphärischen Alpha-Aktivität trennte bei der Männergruppe, aber nicht bei den Frauen zwischen den Tests. Es handelte sich bei diesem Experiment um eine Replikation des Experimentes von Ray et al. (1976), und das Ergebnis weist in die gleiche Richtung: Stärkere Asymmetrie bei Männern als bei Frauen. Faber et al. (1983) fanden in einer ähnlichen Studie zwar auch Geschlechtsunterschiede; diese stimmten aber nicht mit den geschlechtsspezifischen Lateralisierungseffekten für Sprachreize überein, wie sie Trotman & Hammond (1979) gefunden hatten.

Ein vergleichbares Experiment wurde von Wogan et al. (1979) durchgeführt. Das EEG wurde temporal abgeleitet bei Versuchspersonen, die sieben verschiedene Aufgaben bearbeiteten, die viermal wiederholt wurden. Das Ergebnis ist wieder ähnlich: Männer waren stärker asymmetrisch organisiert als Frauen. Aber das interessanteste Ergebnis ist meiner Meinung nach, daß die Männer auch über die Wiederholungen hinweg konstanter lateralisiert waren als die Frauen. Dieses Ergebnisses steht in gewissem Widerspruch zu demjenigen von Davidson et al. (1976). Diese führten drei Experimente durch, in denen bei unterschiedlichen Aufgaben EEG abgeleitet wurde. Im ersten Experiment sollten die Versuchspersonen z.B. singen oder Lyrik rezitieren. Signifikante Ergebnisse gab es nur für Frauen. Im zweiten Experiment sollten sich die Versuchspersonen in einen selbstinduzierten affektiven Zustand bringen. Die Ergebnisse zeigten eine signifikant größere relative

rechtshemisphärische Aktivierung während der emotionalen versus der nicht-emotionalen Versuchsdurchgänge nur für Frauen. Männer zeigten ne signifikanten testabhängigen Asymmetriewechsel zwischen den Bedingungen. In einem dritten Experiment zeigte sich, daß Frauen beim Biofeedbacktraining in der Feedbackphase größere rechtshemisphärische Alpha-Aktivitäten aufwiesen als Männer. Die Autoren deuten ihre Ergebnisse als Hinweis auf die größere bilaterale Flexibilität von Frauen bei selbst-generierten Aufgaben.

Auch eine Untersuchung von Moore & Haynes (1980) mit Anwendung der EEG-Technik bei Darbietung von zusammenhängender Sprache und nichtsprachlichen Stimuli weist auf eine stärkere Asymmetrie bei Frauen hin. In einer anderen späteren Arbeit der Autoren (Haynes & Moore, 1981) zeigte sich, daß Frauen hoch und niedrig bildhafte Sätze linkshemisphärisch verarbeiteten und Männer das gleiche Material rechtshemisphärisch.

Tucker (1976) untersuchte die Hemisphärenspezialisierung für räumlich-visuelle und verbale Funktionen im EEG. Er fand bei Männern eine rechtshemisphärische Spezialisierung für synthetisch-visuelle Aufgaben und bei Frauen eine größere Desynchronisation in den occipitalen Regionen bei analytisch-visuellen Aufgaben und bei einem Vokabeltest. Das Experiment zeigt die Wichtigkeit, hinsichtlich der Geschlechtsunterschiede nicht nur Hemisphärenaktivierung zu vergleichen, sondern auch regionale Unterschiede innerhalb der Hemisphären. In diesen Daten zeigte sich eine "analytisch-synthetisch-Unvereinbarkeit" eher bei Männern innerhalb der spezialisierten Hemisphären als bei Frauen, die verschiedene Arten von Organisation innerhalb derselben Hemisphäre aufwiesen.

Auch bei Gale, et al. (1978) zeigten sich Geschlechtsunterschiede im EEG. Das erstaunlichste Ergebnis war, daß das Hinzufügen einer verbalen Beschreibung zu einem dargebotenen oder auch von der Versuchsperson vorgestellten bewegten visuellen Reiz die rechtshemisphärische Aktivierung bei Frauen verstärkte. Man würde eher den umgekehrten Effekt vorhersagen, also die stärkere Aktivierung der linken Hemisphäre. Bei Ray et al. (1981) trat für räumlich-

visuelle Aufgaben bei Männern mit gutem räumlichen Vorstellungsvermögen größere rechtshemisphärische Aktivität auf, während Männer mit schlechtem räumlichen Vorstellungsvermögen das umgekehrte Ergebnis zeigten. Bei den Frauen hatten dagegen weder die mit gutem räumlichem Vorstellungsvermögen noch die mit schlechtem ein konsistentes Muster.

Ein Experiment hinsichtlich Test- und Geschlechtsunterschieden im evozierten Potential führten Beaumont & Mayes (1977) durch. Frauen zeigten größere Amplituden bei N_2 für beide Hemisphären und beide Tests. Außerdem zeigten sich Geschlechtsunterschiede bei P_6 und N_6, die die Autoren als konsistent mit der Annahme der differentiellen Hemisphärenbeteiligung bei Frauen während der Durchführung von visuellen Tests ansehen. Lolas (1979) fand bei visuell evozierten Potentialen stärker ausgeprägte Hemisphärenunterschiede für Männer als für Frauen.

In einer neueren Untersuchung haben Rebert & Mahoney (1978) sowohl Geschlechtsunterschiede untersucht, als auch den Zusammenhang zwischen einer Verhaltensvariablen (Reaktionszeit) und einer physiologischen Variablen (EEG). Sie konnten in ihrem Experiment bestätigen, daß ein Zusammenhang zwischen Alpha-Asymmetrie und Verhalten besteht. Im verbalen Test (Unterscheidung zwischen Verb und Nicht-Verb) gaben Frauen weniger richtige Antworten als Männer! Die Reaktionszeit war am längsten, wenn die für die Antwort benutzte Hand der Hemisphäre entgegengesetzt war, die höchstwahrscheinlich auf die Bearbeitung dieses Tests spezialisiert war. Im verbalen Test waren Antworten mit der rechten Hand langsamer als mit der linken, während das umgekehrte Ergebnis im Muster-Test auftrat. Die signifikante Hand-Test-Interaktion war am stärksten bei Frauen ausgeprägt. Im EEG zeigten sich an den parietalen Lokalisierungen signifikante Hemisphäre x Geschlecht-Interaktionen. In der Auswertung betrachteten die Autoren u.a. den Grad der Hemisphärenaktivierung als unabhängige Variable und die Reaktionszeit als abhängige Variable. Dabei zeigte sich, daß die Reaktionszeit eine Funktion der temporalen Asymmetrie war, sie war länger (entgegen der Erwartung), wenn die Rechte-Links-Asymmetrie im EEG während des verbalen Tests hoch war

(verglichen mit niedriger Asymmetrie), dagegen war die Reaktionszeit am längsten, während des Mustertests, wenn die Rechts-Links-Asymmetrie niedrig war. Dieses Experiment brachte also einige unerwartete Ergebnisse, die z.B. im Widerspruch zum "Reaktionszeitmodell" stehen (vgl. Kap. 3.1). Die Autoren gehen davon aus, daß in einer Hemisphäre, die sowohl mit kognitiver Informationsverarbeitung als auch mit der Kontrolle des motorischen Outputs befaßt ist, auf einem bestimmten Niveau der Verarbeitung Interferenz entsteht (vgl. Kinsbournes Modell, Kap. 3.2). Die genauen Zusammenhänge sind unklar. Ein weiterer interessanter Befund ist der, daß die Verhaltensdaten eine lateralisierte Verarbeitung der beiden Tests zeigten, die EEG-Daten aber nicht. Die Ergebnisse hinsichtlich der Geschlechtsunterschiede entsprechen einigen anderen und auch den Spekulationen über geringere Lateralisierung bei Frauen. Wie die Autoren allerdings dazu kommen, diese Befunde durch die stärkere "intuitive" kognitive Orientierung von Frauen und die verglichen mit Männern größere "emotionale Expressivität" zu erklären, ist mir unklar. In anderem Zusammenhang erwähnen sie, ihre Versuchspersonen seien möglicherweise durch die experimentelle Situation verängstigt gewesen. Das könnte natürlich auch die Geschlechtsunterschiede mit bedingt haben.

Andere Untersuchungen konnten dagegen keine Geschlechtsunterschiede im EEG von Rechtshändern finden, wie z.B. Moore (1979) bei verbalen und nichtverbalen Aufgaben, Galin et al, (1982) bei verschiedensten kognitiven Tests, und Hirshkowitz et al. (1978) bei männlichen und weiblichen Musikern und Nichtmusikern in der Musikwahrnehmung. Gordon (1978) fand allerdings bei dichotisch dargebotenen Akkorden einen Geschlechtsunterschied. In der Gruppe der Musiker war der Links-Ohr-Trend bei den Männern stärker ausgeprägt als bei den Frauen. Das Ergebnis wird als Anzeichen dafür interpretiert, daß die Akkordwahrnehmung in der rechten Hemisphäre sowohl von der Fertigkeit als auch vom Geschlecht abhängt.

Es gibt also auch unter den elektrophysiologischen Experimenten sowohl solche, die keine Geschlechtsunterschiede fanden, als auch solche, die Unterschiede feststellten. Darunter waren wiederum sowohl Belege für eine stärkere Asymmetrie der Männer als auch für eine stärkere Asymmetrie der Frauen. Darüberhinaus traten

oft sehr komplizierte Unterschiede in Abhängigkeit von ganz bestimmten Reizen oder Verarbeitungsaufgaben auf, und sogar Geschlechtsunterschiede in Stammhirnpotentialen (Jerger & Hall, 1980). Eine solche Zusammenstellung von Ergebnissen krankt natürlich daran, daß die verschiedenen Studien nicht vergleichbar bzw. wegen methodischer Unterschiede nicht gleichwertig sind. Außerdem sollte man bezüglich der Geschlechtsunterschiede im EEG oder im EP McGlones Einwand bedenken, daß es sich um Artefakte handeln könnte, wenn schon anatomisch-morphologische Geschlechtsunterschiede vorliegen, d.h. die Elektroden bei Männern und Frauen nicht wirklich homolog angebracht sind. Der Vorteil der elektrophysiologischen Arbeiten besteht aber darin, daß man mit dieser Technik nicht nur Unterschiede zwischen den beiden Hemisphären, sondern auch innerhalb der Hemisphären messen kann und somit auch möglicherweise existierende differenziertere Geschlechtsunterschiede in der zerebralen Organisation aufzeigen könnte.

2.5 Entwicklungspsychologische Untersuchungen

Auf der Basis der Kenntnisse, die man aus Fällen von Aphasie im Kindesalter gewonnen hat, kommt man, wie Lenneberg (1967), zu der Ansicht, es müsse eine Entwicklung der Lateralisierung geben, die mit der Pubertät abgeschlossen ist. Daten von Basser (1962) stützten diese These, Geschlechtsunterschiede könnten dann mit den allgemeinen Geschlechtsunterschieden im Reifungstempo zusammenhängen. Mittlerweile gibt es aber einige Experimente, deren Ergebnisse im Widerspruch zur These der Entwicklung der zerebralen Asymmetrie stehen. Nach Krashen (1973) war die Sprachlateralisierung schon im Alter von 5 Jahren abgeschlossen und nach Kinsbourne (1975) und Hiscock & Kinsbourne (1980), Bryden & Alland (1981), Young & Bion (1980), Ellis & Young (1981) gab es keine Änderungen in der Lateralisierung während der Entwicklung. Andere Autoren fanden schon bei der Geburt anatomische Unterschiede in der Größe des Planum Temporale (vgl. Bryden, 1979). Und Molfese (1973) hat anscheinend schon bei Kindern und Säuglingen Asymmetrien im auditiven evozierten Potential gefunden. Woods (1983) kommt nach Durchsicht der Literatur zu dem Ergebnis, daß durch die heute vorliegenden Ergebnisse eher die These der "developmental invariance of language lateralization" gestützt wird. Auch Carter et al. (1982) kamen nach einer Reanalyse der Daten von fünf verschiedenen Arbeiten zur Aphasie im Kindesalter zu dem Schluß, die Lateralisierung sei schon vor dem Alter von sechs Jahren abgeschlossen.

Die Aussagekraft der Experimente, die bisher mit normalen Kindern hinsichtlich der Geschlechtsunterschiede gemacht wurden, ist ziemlich beschränkt, da fast ausschließlich mit akustischen Sprachreizen gearbeitet wurde und in den Untersuchungen mit der Methode des dichotischen Hörens noch nicht die Aufmerksamkeits-Strategien kontrolliert wurden, wozu erst Bryden (1978) überging, d.h. die Ergebnisse sind vermutlich unreliabel und daher auch kontrovers.

Die Untersuchungen, die Kimura mit der Methode des dichotischen Hörens an Kindern ausführte (Kimura, 1963; Knox & Kimura, 1970),

werden oft so interpretiert, als zeigten sie, daß Mädchen eher als Jungen eine linkshemisphärische Spezialisierung für sprachliches Material entwickeln, während Jungen früher als Mädchen eine rechtshemisphärische Spezialisierung für nichtverbales Material ausprägen. Man kann aber meiner Meinung nach die Experimente höchstens dem Trend nach so verstehen. Die Ergebnisse sind zu uneinheitlich, als daß sie diese klare und einfache Interpretation zuließen. Eine größere Asymmetrie bei Mädchen als bei Jungen zeigte sich allerdings in einer Arbeit von Wolf & Hurwitz (1976) mit "finger tapping". Sie vermuten, daß diese Funktionen bei Mädchen eher reifen.

Waber (1976) stellte in einer Studie mit 80 zehn- bis dreizehnjährigen Mädchen und dreizehn- bis sechzehnjährigen Jungen fest, daß solche, die physisch früher reiften, bei verbalen Tests besser abschnitten, während die spät reifenden bei "spatial"-Tests besser waren als bei verbalen. Die spät reifenden waren beim dichotischen Hören stärker lateralisiert, woraus Waber schließt, daß kognitive Geschlechtsunterschiede Unterschiede in der Organisation kortikaler Funktionen, die vom physischen Reifungsgrad abhängen, wiederspiegeln. Neuere Arbeiten konnte diese These aber nicht stützen (z.B. Strauss & Kinsbourne, 1981).

Viele Untersuchungen mit akustischer Reizdarbietung bei Kindern zeigten keine oder keine einheitlichen Geschlechtsunterschiede (z.B. Bakker et al., 1979). Wenn sich Lateralisierung aber entwickelt, müßte man Geschlechtsunterschiede erwarten, da Mädchen allgemein physisch schneller reifen als Jungen und auch eher eine stabile Handpräferenz ausbilden. Andererseits könnten Lateralisierungsunterschiede auch erst nach der Pubertät auftreten, z.B. wenn hormonale Einflüsse dabei eine Rolle spielen.

Mit akustisch evozierten Potentialen konnten schon bei Säuglingen Geschlechtsunterschiede nachgewiesen werden (Molfese & Molfese, 1979; Shucard et al., 1981). Bei Shucard et al. (1979) zeigten die Mädchen relativ höher amplitudige Potentiale über der linken Hemisphäre als über der rechten und die Jungen umgekehrt, bei verbalen und nonverbalen Reizen. Bei Molfese & Hess (1978)

trat ein Geschlechtsunterschied in der rechten Hemisphäre auf. Geschlechtsunterschiede in der rechten Hemisphäre haben sich bisher bei Erwachsenen nicht gezeigt, wohl aber bei Neugeborenen, Kleinkindern und Vorschulkindern. Nach Molfeses Daten müßte man annehmen, daß die auditorische Diskrimination bei Mädchen in der rechten Hemisphäre differenzierter ist als bei Jungen.

Buffery & Gray (1972), die eines der ersten Übersichtsreferate zum Thema Geschlechtsunterschiede in der Lateralisierung erstellt haben, referieren Experimente, aus denen sie schließen, daß Mädchen früher links für Sprache lateralisiert sind als Jungen. Sie vertreten daher insgesamt die These (wie oben bereits dargestellt), Frauen seien stärker lateralisiert als Männer, stützen sich dabei aber offensichtlich auf eine sehr spärliche Datenbasis, die noch dazu an Kindern gewonnen wurde. Heute würde fast niemand mehr diese These vertreten (vgl. McGlone, 1980, Open Peer Commentary).

Häufig wird berichtet, natürlich auch nicht unwidersprochen, daß Mädchen, verglichen mit Jungen, eher Forschritte in der Sprachentwicklung machen (z.B. Maccoby & Jacklin, 1974) und weniger anfällig für Sprachstörungen wie Stottern oder Legasthenie sind. Wenn man davon ausgeht, daß Lateralisierung, also eine gewisse Spezialisierung der Hemisphären, mit einem höheren Leistungsniveau verbunden ist, wie ja Vertreter der "Invasions-Hypothese" annehmen, müßte man vermuten, daß Mädchen auch früher oder stärker sprachliche Reize lateralisiert verarbeiten. Bisher scheint es dafür keine Bestätigung zu geben.

Witelson (1976) fand in einem Experiment mit 200 normalen Jungen und Mädchen zwischen 6 und 13 Jahren, daß Jungen bei "spatial"-Prozessen ab 6 Jahren eher rechtshemisphärisch spezialisiert waren, während Mädchen eine eher bilaterale Repräsentation bis zum Alter von 13 Jahren zeigten. Sie vermutet daher einen möglichen Geschlechtsunterschied in der neuralen Plastizität während der Entwicklung. Dagegen fanden Klein & Rosenfield (1980) keine Evidenz für Geschlechtsunterschiede in "spatial processing" bei Kindern.

McGlone (1980) nimmt aufgrund einiger Ergebnisse an, daß rudimentäre sensorische und motorische Systeme bei Mädchen stärker asymmetrisch organisiert sein könnten. In mehreren Experimenten mit taktilen Reizen zeigte sich allerdings, daß Geschlechtsunterschiede in der Lateralisierung in der Pubertät verschwanden und auch bei Erwachsenen nicht auftraten.

Andere Arbeiten haben, wie bei Erwachsenen, auch bei Kindern mit der visuellen Halbfeldtechnik eine starke Feldüberlegenheit in der Genauigkeit der Urteile für Jungen und keine ausgeprägte Asymmetrie bei Mädchen gefunden (z.B. Jones & Anuza, 1982, bei Beurteilung von Gesichtern). Gordon (1983) fand ein ähnliches Ergebnis mit verbalen und nonverbalen auditiven Tests.

Insgesamt bieten die Experimente aus entwicklungspsychologischer Sicht ein sehr unklares Bild der Lateralisierung und der Geschlechtsunterschiede in der Asymmetrie. Bisher liegen zu wenige und oft methodisch unzureichende Experimente vor (hauptsächlich solche mit "Dichotischem Hören"), als daß man daraus genauere Schlüsse in bezug auf Geschlechtsunterschiede ziehen könnte. Die Ergebnisse sind uneinheitlich und scheinen stark methodenabhängig zu sein. Wenn es aus theoretischen und methodischen Gründen schon schwierig ist, überhaupt einen reliablen validen Indikator für zerebrale Asymmetrie zu finden, so ist verständlich, daß es noch problematischer sein muß, darin Geschlechtsunterschiede und in diesen wiederum Entwicklungsunterschiede aufzuzeigen. Außerdem sieht es bisher auch nicht so aus, als könnte die Lennebergsche These, so wie sie ist, bestätigt werden. Mindestens müßte sie differenzierter formuliert und eventuell modifiziert werden, d.h. das Modell von der zerebralen Organisation, das man anhand von Befunden an Hirngeschädigten (hier aphasischen Kindern) gebildet hat, spiegelt anscheinend nicht oder nur unzureichend das Funktionieren und die Entwicklung des normalen Gehirns wieder. Möglicherweise sind die Hemisphären schon bei Geburt auf bestimmte Reizverarbeitung relativ spezialisiert (vgl. Moscovitch, 1977), aber erst mit der Hirnreifung, bis etwa zur Pubertät, bilden sich die vielfach postulierten Hemmungsmechanismen zwischen linker und rechter Hemisphäre heraus. (Auch die Kommissuren entwickeln

sich erst im Laufe der ersten vier Lebensjahre (vgl. Witelson, 1977).) So könnte man erklären, wieso die rechte Hemisphäre bei Hemisphärektormierten und bei Tachistoskopuntersuchungen sehr gute Sprachfähigkeiten zeigt, ohne daß sie, bei Aphasie im Erwachsenenalter, diese voll zur Geltung bringen kann.

2.6 Zusammenfassung

Wie diese Übersicht zeigt, sind die experimentellen Befunde zu Geschlechtsunterschieden äußerst heterogen. Untersuchungen an Hirngeschädigten und solche, die mit der Technik des dichotischen Hörens bzw. der tachistoskopischen visuellen Halbfelddarbietung arbeiten, scheinen, wenn überhaupt einen Geschlechtsunterschied, überwiegend eine stärkere Asymmetrie bei Männern zu zeigen, während elektrophysiologische Experimente häufig das umgekehrte Ergebnis aufweisen. Ob die funktionale zerebrale Organisation mit den Geschlechtsunterschieden in kognitiven Funktionen zu tun hat, ist noch unklar.

Insgesamt findet man in letzter Zeit immer mehr Untersuchungen, die einen Geschlechtsunterschied in der zerebralen Organisation aufzeigen. Es gibt einige Hinweise darauf, daß bei Frauen stärker als bei Männern die linke Hemisphäre bei räumlich-visuellen Tests an der Verarbeitung beteiligt ist. Das kann man aber sowohl als Ausdruck einer eher bilateralen Repräsentation nonverbaler Verarbeitungskapazität verstehen, oder auch als Indikator dafür, daß Frauen eher dazu neigen, auch bei räumlich-visuellen Aufgaben und nonverbalen Reizen eine verbale Verarbeitungsstrategie anzuwenden.

Daß sich Männer und Frauen hinsichtlich der zerebralen Organisation unterscheiden, scheint kaum noch in Frage gestellt zu sein, ob allerdings Männer oder Frauen stärker asymmetrisch organisiert sind, kann man meiner Meinung nach jetzt noch nicht entscheiden, bzw. wird man so global wohl auch nie sagen können. Man müßte die Aussage mindestens auf die Verarbeitung ganz bestimmter Reize unter bestimmten Bedingungen usw. beziehen, aber vermutlich ist die Frage schon falsch gestellt.

Eine solche Literaturübersicht ist natürlich problematisch, da man Arbeiten nebeneinander stellt, die von der Methode, Qualität und Stichprobengröße her nicht gleichwertig sind. Die Darstellung der heterogenen Ergebnisse macht aber trotzdem deutlich, daß die Geschlechtsunterschiede in der zerebralen Organisation sehr viel

komplizierter sind, als man bisher angenommen hat, und zwar vermutlich deshalb, weil die funktionale Organisation des Gehirns überhaupt komplizierter ist, als die bisher formulierten und diesen Experimenten unterliegenden Modelle annnehmen. Alle oben referierten Experimente, die sich mit Geschlechtsunterschieden befassen, gleich mit welcher Methode gearbeitet wurde, basieren auf einer statischen Vorstellung der zerebralen Organisation; im Rahmen der "Dual Tasks"- und "Time Sharing"-Experimente sind Geschlechtsunterschiede nämlich bisher nicht berücksichtigt worden.[1)] Nur bei Rebert & Mahoney (1978) klingt die Möglichkeit an, daß es zu unterschiedlichen Aktivierungen der Hemisphären kommen kam und der Geschlechtsunterschied eventuell damit in Zusammenhang steht. Wenn eine solche statische Konzeption der zerebralen Organisation, wie sie den bisherigen Studien zugrunde liegt, nicht gerechtfertigt sein sollte, so wäre auch der heterogene Forschungsstand bezüglich der Geschlechtsunterschiede nicht verwunderlich. Die Studie von Rebert & Mahoney (1978) lieferte somit eine Anregung zur vorliegenden Arbeit, in der Geschlechtsunterschiede unter dem Aspekt lateralisierten kognitiv/motorischer Interferenz (in Anlehnung an Kinsbourne, 1970) untersucht werden sollten.

3.0 Theoretischer Hintergrund der eigenen Untersuchung

In der vorliegenden Arbeit wird versucht, Geschlechtsunterschiede im Gegensatz zur bisherigen Forschung einmal anhand des Reaktionszeitparadigmas, aber auf dem Hintergrund eines dynamischen Konzepts der zerebralen Organisation in Anlehnung an Kinsbourne zu untersuchen. Dabei sollen Überlegungen des "Cerebral Space"-Modells auf ein gewöhnliches Tachistoskopexperiment angewandet werden. In diesem Kapitel werden daher zunächst das Reaktionszeitmodell und das Cerebral-Space-Modell kurz dargestellt, dann die Fragestellung der eigenen Untersuchung erläutert und Hypothesen aufgestellt, die sich aus dem Reaktionszeitmodell und aus dem Cerebral-Space-Modell ableiten lassen.

3.1 Das Reaktionszeitmodell

Lateralisierungsexperimente an normalen Versuchspersonen sind meist mit der Methode des dichotischen Hörens oder mit der Technik der visuellen Halbfelddarbietung durchgeführt worden. In der Regel fand man eine Rechtsfeldüberlegenheit (bzw. Rechtsohrüberlegenheit) bei der Verarbeitung verbaler Reize, die damit erklärt wurde, daß die linke Hemisphäre für Sprachverarbeitung spezialisiert sei, so daß Informationen aus dem linken visuellen Feld erst über die rechte Hemisphäre und das Corpus Callosum nach links geleitet werden müssen, um dort verarbeitet zu werden. Die Überlegenheit wurde über die zeitliche Verschiebung interpretiert, mit der der Reiz aus dem linken verglichen mit dem aus dem rechten Feld ankommt. Das ist allerdings eine Annahme, die selbst überprüfungsbedürftig ist. Die unimanuelle Reaktionszeitmessung auf visuelle Halbfelddarbietung hin ermöglicht dies. Außerdem kann durch Reaktionszeitexperimente geprüft werden, ob die normale rechte Hemisphäre eigene verbale Verarbeitungskapazität besitzt, d.h. es kann untersucht werden, ob sich bei normalen Versuchspersonen eher Annahmen aus dem klassischen Lokalisationsmodell oder eher solche aus dem Split-Brain-Modell bestätigen lassen. Man nimmt dabei an, daß Reize, die direkt in die Hemisphäre gesandt werden, die auch die motorische Antwort initiiert, kürzere Reaktionszeiten bewirken, als solche, die aus dem entge-

gengesetzten visuellen Feld kommen. Die Reaktionszeitdifferenz sollte ungefähr der Zeit entsprechen, die die Informationsübertragung von einer Hemisphäre in die andere über das Corpus Callosum benötigt.

Man macht sich bei dieser Methode eine bereits von Poffenberger (1912) verwendete Technik, die Kombination von visueller Halbfelddarbietung mit manueller Reaktion zunutze, die bisher nur bei "simple-reaction-time"-Messungen zur Schätzung der interhemisphärischen Transmissionszeit benutzt wurde (vgl. Bashore, 1981; Swanson et al., 1978), indem man nun bei kognitiven Experimenten umgekehrt versucht, aus der Felddifferenz in den Reaktionszeiten, die, so nimmt man an, die interhemisphärische Transmissionszeit ausdrückt, auf den zerebralen Ort der Verarbeitung (rechte oder linke Hemisphäre) zu schließen. Da man sowohl von der Split-Brain-Forschung als auch von der Läsionsforschung her annehmen muß, daß das Sprechen in der linken Hemisphäre lokalisiert ist, müßte man die Reaktionszeitdifferenzen zwischen Reizen aus dem rechten und linken visuellen Feld sowohl für vokale als auch für manuelle Reaktion mit der rechten Hand finden. Einige Experimente konnten diese Erwartung bestätigen (vgl. Moscovitch, 1973). Die Reaktionszeiten waren bei Darbietung im rechten visuellen Feld etwa 10 msec schneller.

Wenn, wie vom Split-Brain-Modell her angenommen werden kann, die rechte Hemisphäre auch bei gesunden Versuchspersonen Verarbeitungskapazität für verbale Reize hat, also z.B. auditiv dargebotene verbale Reize speichern und mit visuellen Testbuchstaben vergleichen kann, dann solten die Reaktionszeiten der linken Hand bei Reizen aus dem linken visuellen Feld kürzer sein als bei Reizen aus dem rechten.

Wenn nur die dominante Hemisphäre solche Prozesse ausführen kann, sollte die Reaktionszeit das rechte visuelle Feld bevorteilen, weil alle Reize zur dominanten Hemisphäre kreuzen müßten, ehe eine Antwort ausgelöst würde. DiesesErgebnis wäre ein Beleg für das klassische Lokalisationsmodell. Es ist das Verdienst von Moscovitch (z.B. 1973) und (allerdings weniger bekannt) Wittling

(1973a,b), solche Überlegungen präzisiert und expliziert zu haben. Moscovitch prüfte solche Annahmen auch experimentell, und es zeigte sich, daß die Ergebnisse bei normalen Versuchspersonen für das Split-Brain-Modell sprachen.

Insgesamt sind die Ergebnisse solch kognitiver Reaktionszeit-Experimente aber wenig einheitlich. So scheinen die Reaktionszeitdifferenzen, die in verschiedenen Experimenten berichtet werden, extrem zu streuen, was nicht auftreten dürfte, wenn die Differenz nur durch die Zeit, in der die Information über das Corpus Callosum kreuzt, bedingt wäre (vgl. Bashore, 1981). In einem Folgeexperiment konnte Moscovitch (1973) außerdem zeigen, daß die Versuchspersonen in diesen Buchstabenexperimenten anscheinend eine eher visuelle Strategie verfolgt hatten, was seinen Experimenten im Hinblick auf Sprachlateralisierung einiges an Beweiskraft nimmt.

Aus weiteren experimentellen Befunden schließt Moscovitch, daß die rechte Hemisphäre eine geringere Kapazität für verbale Prozesse hat, wenn eine Gedächtnisleistung damit verbunden ist. Das entspricht auch Befunden von Zaidel (1978a,b), Wittling (1973a,b) u.a.m. Wenn die geringere verbale Gedächtniskapazität der rechten Hemisphäre nicht überlastet wird, kann sie möglicherweise verbale Reize adäquat verarbeiten. Ein Mangel der Moscovitch-Experimente liegt darin, daß sie bei diesen Fragestellungen mit Buchstaben arbeiteten, die sehr viel stärker als Wörter sowohl eine visuelle als auch eine verbale Verarbeitungsstrategie zulassen.

In neueren Reaktionszeitexperimenten mit Wörtern und Nonsense-Silben konnten verschiedene Autoren sprachliche Leistungen der rechten Hemisphäre nachweisen. So konnte z.B. Day (1977) zeigen, daß die rechte Hemisphäre konkrete Substantive gleich gut erkennen konnte wie die linke. Die Reaktionszeiten machten allerdings deutlich, daß abstrakte Substantive nur von der linken Hemisphäre verarbeitet wurden. In Experiment 2 und 3 der gleichen Arbeit wurde die Fähigkeit der rechten Hemisphäre, Beziehungen zwischen konkreten Substantiven und übergeordneten Kategorien festzustellen, nachgewiesen.

In einer weiteren Arbeit (Day, 1979) zeigte sich ein signifikanter Rechtsfeld-Vorsprung für "low-imagery"-Substantive, -Adjektive und -Verben und für "high-imagery"-Verben, d.h. nur bei diesen Reizen war die linke Hemisphäre der rechten überlegen. In der Reaktionszeit auf "high-imagery"-Substantive und -Adjektive trat kein Unterschied auf. Die verbalen Leistungen der rechten Hemisphäre sind also anscheinend abhängig von der Bildhaftigkeit und der syntaktischen Klasse der Wörter. Verben werden, unabhängig von der Bildhaftigkeit, hauptsächlich linkshemisphärisch verarbeitet.

Auch in einigen anderen Halbfeldstudien, auf die ich jetzt nicht näher eingehen möchte, finden sich ähnliche Hinweise auf eigene verbale Verarbeitungskapazität der normalen rechten Hemisphäre und damit Belege für das Split-Brain-Modell der zerebralen Organisation (z.B. Heeschen, 1978; Ellis & Shepherd, 1974; Caplan et al., 1974; Hines, 1976; Babkoff et al., 1980, 1983; Leiber, 1976; Bradshaw et al., 1976).

Nach dem klassischen Lokalisationsmodell kann die rechte Hemisphäre keine verbalen Reize verarbeiten. Demnach dürfte sich in einem Reaktionszeitexperiment keine Interaktion zwischen visuellem Feld und antwortender Hand ergeben, die Reaktionszeit müßte immer für das dominante visuelle Feld kürzer sein. Wenn man dagegen annimmt, daß beide Hemisphären unabhängig voneinander Information verarbeiten können, die dominante darin aber überlegen ist, müßten die Reaktionszeitunterschiede zwischen Reaktionen auf Darbietungen im rechten und linken visuellen Feld für die rechte und linke Hand unterschiedlich sein, und zwar für die linke Hand kleiner als für die rechte. Das heißt also, wenn die rechte Hemisphäre einige beschränkte verbale Fähigkeiten hat, wie man von einem modifizierten Split-Brain- oder Effizienz-Modell her annehmen kann, dann müßte sich eine Interaktion zwischen visuellem Feld und Antwortverhalten ergeben.

Moscovitchs Experimente (1973) scheinen, da eine Interaktion zwischen visuellem Feld und antwortender Hand fehlt, eher das klassische Modell zu stützen, was aber wohl an der Art der verwende-

ten Reize und der geforderten Aufgaben liegt. Das Split-Brain-Modell kann jedoch durch seine Studien auch nicht widerlegt werden. Andere Experimente mit gesunden Versuchspersonen, in denen mit Wörtern gearbeitet wurde, stützen eher das Split-Brain-Modell, da eigene verbale Verarbeitungskapazität der rechten Hemisphäre nachgewiesen wird (vgl. Day, 1977, 1979; Babkoff et al. 1980 u.v.w.m.). Moscovitch (1973) vertritt (wie auch Geschwind (1970)) ein "funktionales Lokalisationsmodell", d.h. er nimmt an, daß eine gewisse verbale Kompetenz der rechten Hemisphäre bei allen rechtshändigen Versuchspersonen (normale wie split-brain) gegeben ist, daß aber die dominante Hemisphäre die rechte gewöhnlich über das Corpus Callosum kontrolliert und unterdrückt. So wären die Diskrepanzen zwischen Forschungsergebnissen, die an Split-Brain-Patienten gewonnen wurden, und solchen, die mit gesunden bzw. unilateral hirngeschädigten Versuchspersonen erzielt wurden, erklärbar.

Insgesamt stellt also das Reaktionszeitmodell eine Art Kompromiß zwischen klassischem Lokalisationsmodell und Split-Brain-Modell dar. Es wird versucht, Annahmen und Ergebnisse zu integrieren und auf die Arbeiten mit gesunden Versuchspersonen zu übertragen. Letztlich ist auch das Reaktionszeitmodell, schon durch die implizit der experimentellen Technik unterliegenden Annahmen, ein statisches Konzept der zerebralen Organisation und somit dem klassischen Lokalisationsmodell verwandt; es ist deutlich verschieden vom Cerebral-Space-Modell oder auch Aufmerksamkeitsmodell.

Die Stärke dieses Ansatzes liegt wohl zum einen darin, daß die Reaktionszeit ein anerkannt sensibles Maß für kognitive Prozesse bei gesunden Versuchspersonen ist, und zum anderen darin, daß sehr präzise Hypothesen bezüglich der experimentellen Ergebnisse auf dem Hintergrund dieses Konzeptes formuliert werden können. Das Reaktionszeitmodell ist speziell für die Untersuchung von sprachlichen Leistungen der rechten Hemisphäre brauchbar und in dem Zusammenhang auch angewandt worden. In diesen unimanuellen Reaktionszeitexperimenten wurden allerdings Geschlechtsunterschiede noch kaum berücksichtigt. Aber gerade wenn man annimmt, Frauen

hätten mehr verbale Verarbeitungskapazität in der rechten Hemisphäre, könnte dies sehr gut mit Hilfe der Kombination von unimanueller Reaktionszeitmessung und visueller Halbfelddarbietung überprüft werden.

3.2 Das Cerebral-Space-Modell

Nach dem Reaktionszeitmodell kommt die Reaktionszeitdifferenz bei visueller Halbfelddarbietung durch die Zeit zustande, die das interhemisphärische Kreuzen der Information benötigt. Kinsbourne (1970) bietet dagegen als alternative Erklärung an, daß die Differenz durch eine "Aufmerksamkeitsasymmetrie"[2] entsteht. Nach seiner "Theorie" leitet die Hemisphäre, die am stärksten an der Ausführung einer Aufgabe beteiligt ist, die Aufmerksamkeit auf das Feld, das eine direkte Verbindung zu dieser Hemisphäre hat. Seiner Meinung nach liegt die Basis der lateralen Asymmetrie in der Aufmerksamkeit oder Erwartung. Die Aufmerksamkeit einer Versuchsperson ist demnach schon vor der Darbietung der Reize auf ein bestimmtes Feld gerichtet. Kinsbourne (1970) argumentiert gegen das Lokalisationsmodell, wie es von Kimura (1966) vertreten wurde. Er bezweifelt allerdings nicht, daß die beobachteten Wahrnehmungs-Asymmetrien bei normalen Versuchspersonen mit der Repräsentation von Funktionen in den zerebralen Hemisphären zusammenhängt, sondern bestreitet nur, daß der Effekt eine Folge der effizienteren Informationsübertragung über den direkten Kanal sein soll. Seiner Meinung nach kann die zusätzliche Synapse des indirekten Kanals der gesamten Leitungszeit nur etwa 4 msec hinzufügen. Die beobachteten Latenzunterschiede sind aber viel größer. Außerdem treten solche Asymmetrien nicht nur bei verbalem Material auf, sondern auch bei einfachen Reaktionszeiten auf Licht und Töne. Andere Asymmetrien waren kaum zu replizieren und schließlich sind nach Kinsbourne (1970) beobachtete Geschlechtsunterschiede verwirrend, denn er geht, wie ich meine, mit Recht, davon aus, daß Asymmetrien, die auf rein strukturellen Invarianzen beruhen, einheitlicher und robuster sein sollten.

Kinsbourne schlägt daher zur Erklärung der Wahrnehmungsasymmetrie sein Aufmerksamkeitsmodell vor: "If visual attention prior to stimulus exposure is biased to one side of fixation, this implies a greater readiness of the perceptual mechanism to respond to material in the attended location, with consequent superior performance. Thus an alternative model may be based on differential expectancy." (Kinsbourne, 1970, S. 195). Es handelt sich

hier wohl eher nur um eine These, da die komplexen Zusammenhänge nicht klar werden. Es bleibt auch unklar, ob Kinsbourne von einem unbewußten Funktionieren einer Hemisphäre ausgeht, oder eine Art Metagehirn annimmt, das die Aufmerksamkeit in eine bestimmte Richtung leitet. Der Begriff "attention" ist in diesem Zusammenhang nicht sehr präzise.

Kinsbourne nimmt jedenfalls an: "Expectancy of a briefly exposed word or letter induces preparatory left hemisphere activation, and thus biases attention somewhat to right of the fixation point, even though central fixation be strictly maintained. When the display actually appears on that side, more processing time is available than when it appears on the other side, necessitating a shift of attention." (Kinsbourne, 1970, S. 196). Er nimmt weiterhin an, daß sein Modell der Wahrnehmungsasymmetrie die Dissoziation von verbalem und nonverbalem Input und darüber hinaus aus Asymmetrien, die nicht auf der Dimension verbal-nichtverbal liegen, erklären kann. Experimentell konnte Kinsbourne zeigen, daß eine gleichzeitig ablaufende verbale Aktivität in Form eines subvokalen "Rehearsal" beim Erwarten einer nonverbalen Stimulusdarbietung eine Wahrnehmungsasymmetrie nach rechts bewirkte, ohne dabei die Wahrnehmungsgesamtleistung zu erniedrigen, verglichen mit der Darbietung ohne gleichzeitige verbale Aktivität, bei der keine Asymmetrie aufgetreten war. Außerdem vermutet Kinsbourne, daß im intakten Organismus die Aktivierung nie ausschließlich auf eine Hemisphäre beschränkt sei.

Er würde vom Standpunkt seines Modells vorhersagen, daß bei identischen Reizen Wahrnehmungs-Asymmetrien durch Manipulation der Erwartung der Versuchspersonen erzeugt werden können und daß umgekehrt ein bestimmtes Stimulusmaterial nicht die vermutete Asymmetrie bewirkt, wenn keine Erwartung in Richtung auf dieses Material vorliegt, d.h. er nimmt an, daß die Wahrnehmungsasymmetrien variabel sind und sieht die zerebrale Organisation nicht als statisch an. Solche Hypothesen wurden später auch von anderen in verschiedenen Experimenten überprüft, zum Teil, ohne daß die Autoren ausdrücklich auf dieses Modell beziehen, oder sogar ohne Kinsbourne zu erwähnen (Klein et al., 1976; Shucard et al., 1977;

Drozdenko,1979; Mainka & Hörmann, 1971; Friedman et al., 1982; wie überhaupt alle "Dual Task"-Experimente).

Klein,et al. (1976) konnten in drei Experimenten mit bilateraler visueller Halbfelddarbietung zeigen, daß "priming" der linken Hemisphäre mit einem verbalen Test die Linksfeldüberlegenheit für das Gesichtererkennen minderte, und "priming" der rechten Hemisphäre durch einen Gesichterwahrnehmungstest die Rechtsfeldüberlegenheit für Wörter minderte. Wenn Wörter und Gesichter simultan dargetoten wurden, und die Versuchspersonen zuerst die Gesichter beachten und wiedergeben sollten, zeigte sich eine Linksfeldüberlegenheit für Gesichtswahrnehmung und eine Rechtsfeldüberlegenheit für Wortwahrnehmung. Wenn die Versuchspersonen die Wörter zuerst beachten und referieren sollten, trat nur die Rechtsfeldüberlegenheit für Wörter auf. Obwohl letztlich das Funktionieren der Wahrnehmungsasymmetrie noch unklar ist, kann man aus diesen Ergebnissen doch entnehmen, daß der Grad der funktionellen zerebralen Dominanz konstant fluktuiert und daß also nicht, wie die anderen Modelle behaupten, jeder Erwachsene bezüglich einer bestimmten Funktion oder Stimulusart einen bestimmten konstanten Dominanzgrad aufweist. Die Autoren nehmen vielmehr an, der Grad der Kompetenz jeder Hemisphäre hinsichtlich spezifischer Funktionen sei relativ festgelegt, die funktionale Asymmetrie brauche aber nicht konstant zu bleiben, sondern könne mit dem Grad der Aktivität oder durch die Interaktion der beiden Hemisphären wechseln.

Als Beleg für die Kinsbourne-Hypothese könnte man meiner Meinung nach auch Hines' (1976) Ergebnis bezüglich des Einflusses des zu referierenden Fixationszeichens auf den Asymmetriegrad verstehen. Das Memorieren des Fixationszeichens hatte hier einen ähnlichen Effekt wie die zusätzliche Aufgabe bei "dual tasks", d.h. es veränderte die Asymmetrie.

Auch Shucard et al. (1977) haben in einem Experiment mit AEP's meiner Meinung nach einen Beleg für die Kinsbourne-Hypothese geliefert. Sie konnten zeigen, daß die Amplitude der auditiven evozierten Potentiale, die von beiden Hemisphären auf Paare von

test-irrelevanten Tönen hin abgeleitet wurden, zu einer speziellen kognitiven Aktivität der Hemisphären (z.B. bei Verarbeitung sprachlicher vs. musikalischer Reize) in Beziehung stand. Die Hemisphäre, von der man annahm, daß sie am meisten bei einem bestimmten Test involviert sei, verglichen mit der weniger beteiligten Hemisphäre, produzierte die größere Potentialdifferenz zwischen der temporalen und der Referenzelektrode. An diesem Experiment nahmen Frauen und Männer teil; es wurde aber nicht untersucht, ob ein Geschlechtsunterschied auftritt. Eine solche Untersuchung wäre jedoch interessant gewesen, weil ein eventueller Geschlechtsunterschied bezüglich des "priming" widersprüchliche Befunde hinsichtlich vorhandener (bzw. vermuteter) Lateralisierungsunterschiede aufklären könnte.

Meiner Meinung nach lassen alle Ergebnisse der oben genannten Arbeiten den Schluß zu, daß "priming" oder zusätzliche Tests den Lateralitätseffekt steigern bzw. verändern, aber nicht allein verursachen, und mehr hat auch Kinsbourne nach meinem Verständnis nicht behauptet. Sein Konzept steht daher auch nicht vollkommen im Widerspruch zu den anderen, denn auch er nimmt eine gewisse Spezialisierung der Hemisphären als gegeben an. Neu ist nur, daß es annimmt, daß durch entsprechende Vorreizung z.B. im Laufe eines Experiments, oder auch durch zusätzliche Aufgaben, wie z.B. bei "dual tasks" die Asymmetrie veränderlich ist, und zwar kann es nicht nur zu einer Steigerung, sondern auch zu einem Umschlagen der Asymmetrie kommen (bei "Überladung" einer Hemisphäre). In seinem Cerebral-Space-Modell (Kinsbourne & Hicks, 1978) präzisiert er diese Vorstellungen etwas; sie bleiben aber doch, verglichen mit dem Reaktionszeitmodell, relativ vage.

Nach Kinsbourne & Hicks (1978) ist linkshemisphärisch nicht nur bei allen Menschen das Kontrollzentrum für Orientierung nach rechts ("orientor") lokalisiert, sondern auch ein "verbal processor" (bei etwa 96% der Menschen). Es kann, nach Kinsbourne, für die beiden Kontrollzentren bestimmt werden, wie nahe sie zueinander stehen. Je näher die Kontrollzentren einander sind, desto effektiver arbeiten sie bei gleichartigen Aufgaben zusammen und desto weniger effektiv bei ungleichartigen Anforderungen. Umge-

kehrt, je weiter sie funktional voneinander entfernt sind, desto weniger effektiv ist die Zusammenarbeit bei übereinstimmenden Aufgaben, aber desto effektiver bei ungleichartigen. Als Beleg führt er Studien zur Doppel-Test-Interaktion an. Sie können zeigen, wie zwei "Prozessoren" innerhalb einer Hemisphäre interagieren und wie ein "Prozessor" einer Hemisphäre mit einem "Orientor" in derselben zusammenarbeitet.

Die Interaktion "processor" und "orientor" äußert sich nach Kinsbourne darin, daß bei Vorbereitung einer verbalen Aktivität bei Rechtshändern eine neuronale Aktivierung der linken Hemisphäre entsteht, die eine nach rechts gerichtete Aufmerksamkeit triggert. Verbalisierung aktiviert die linke Hemisphäre, und nach links zu blicken hemmt sie, wodurch dann die Leistung gemindert wird. Auf diese Art sind nach Kinsbourne die beobachteten Wahrnehmungsasymmetrien erklärbar.

Im Gegensatz zu strukturellen Hypothesen würde das "Orientierungsmodell" nicht vorhersagen, daß der Grad der Asymmetrie beim dichotischen Hören oder bei visueller Halbfelddarbietung direkt den Grad der Funktionslateralisierung in der gegenüberliegenden Hemisphäre wiederspiegelt. Kinsbourne bezweifelt die Validität des Konzepts, nach dem der Grad der Lateralisierung von kognitiven Funktionen zwischen den Individuen konstant in Abhängigkeit von der Seite der Spezialisierung variiert. Das Ausmaß, mit dem die Aufmerksamkeit auf die der aktiveren Hemisphäre gegenüberliegende Seite gerichtet wird, ist nicht nur durch die hemisphärische Lokalisation des aktiven Prozessors determiniert, sondern auch dadurch, wie stark er arbeitet. Wie stark er arbeitet, hängt wiederum davon ab, wie schwer die Aufgabe ist, und wie sehr die Versuchsperson motiviert ist, sie zu lösen. Außerdem wird der Grad der Asymmetrie noch durch das beeinflußt, was die Versuchsperson zur gleichen Zeit nebenher denkt. Bevor diese wahrscheinlich relevanten Variablen nicht isoliert werden, kann nach Kinsbourne auch auf der Basis von Wahrnehmungsasymmetrien keine sichere Aussage über Altersunterschiede, Geschlechtsunterschiede oder Verarbeitungsunterschiede bei bestimmtem Reizmaterial gemacht werden. Das Interagieren der Prozessoren konnte in sogenannten

"dual tasks", d.h. in Experimenten gezeigt werden, in denen gleichzeitig ablaufende verbale und manuelle Aktivitäten verlangt wurden (z.B. Sprechen und "fingertapping"). Es wurde deutlich, daß der verbale Prozessor und der Kontrollmechanismus für rechtshändige Bewegungen funktional eng verbunden sind und daher bei inkongruenten Aktivitäten interferieren.

Im Gegensatz zum klassischen Lokalisationsmodell und zum Reaktionszeitmodell (funktionales Lokalisationsmodell) leugnet Kinsbourne, daß man aus der Wahrnehmungsasymmetrie direkt auf die Hemisphärenspezialisierung schließen kann und daß derartige Asymmetrien stabil sind. Im Rahmen der Split-Brain-Forschung ist eine ähnliche Überlegung, nämlich die Unterscheidung zwischen Hemisphärenspezialisierung und Aktivierung,auch schon aufgetreten (z.B. Levy & Trevarthen, 1976). Es ist aber das Verdienst Kinsbournes, seit seiner Arbeit von 1970 direkt oder indirekt eine Fülle von Experimenten, insbesondere "dual task" und "time sharing"-Experimenten, zur intrahemisphärischen Interferenz angeregt und ein eigenes, in diesem wesentlichen Punkt, nämlich der Dynamik der zerebralen Organisation, neues, wenn auch noch recht vages und im Laufe der Zeit etwas verändertes Modell aufgestellt zu haben, das in der Lage ist, einige Widersprüche in der Literatur aufzuklären, und damit vielleicht ein der komplizierten Organisation des Gehirns adäquateres Konzept vorgeschlagen zu haben.

3.3 Begründung der eigenen Untersuchung

Nach Durchsicht der Literatur zu Geschlechtsunterschieden in der Lateralisierung (vgl. Kap. 2) zeigt sich ein sehr heterogenes Bild (obwohl z.B. McGlone (1980) glaubt, die Befunde auf den einfachen Nenner "Frauen weniger asymmetrisch als Männer" bringen zu können).Es scheint sehr schwierig, Geschlechtsunterschiede in der Lateralisierung reliabel und valide zu messen, da schon generell die Messung von Asymmetrie bei "normativen" Studien (dichotisches Hören, Tachistoskop) sehr schwierig ist. Die vorliegenden Experimente sind in vielerlei Hinsicht nicht vergleichbar, weshalb auch eine Zusammenstellung von Ergebnisse, die eine Asymmetrie bzw. einen Geschlechtsunterschied in der Asymmetrie zeigen,und solchen, die keine zeigen oder eine in die andere Richtung, kaum sinnvoll erscheint. Vermutlich spielen eine Reihe von Variablen eine Rolle, die in vielen Experimenten noch nicht kontrolliert waren, z.B.: Stichprobenzusammensetzung (bezüglich Geschlecht, Händigkeit, familiäre Händigkeit, Alter usw.), Reizeigenschaften (Größe, Helligkeit, Darbietungsdauer, Wortklassen usw.), Schwierigkeit der Aufgabe, Dauer des Experiments (meist mit Reizwiederholung konfundiert) und, was bisher vernachlässigt wurde, die Antwortmodalitäten.

Im Bereich der "Lateralisierungstheorien" bringt Kinsbournes Cerebral-Space-Modell mit seiner selektiven Aktivierung und intrahemisphärischen Interferenz ein neues Konzept, das auch Veränderungen der Asymmetrie beim einzelnen Individuum in einer gegebenen Situation erklären kann. Da solche Interferenzeffekte mittlerweile auch von anderen Autoren in "dual task"-Experimenten häufig nachgewiesen wurden, glaube ich, daß auch Geschlechtsunterschiede in der Lateralisierung auf dem Hintergrund dieser Vorstellungen untersucht werden sollten, d.h. aber auch, daß man das klassische statische Modell, das explizit oder implizit den Tachistoskopexperimenten (und den Experimenten zu Geschlechtsunterschieden) zugrund liegt, nicht mehr ohne weiteres als gültig ansehen kann, also auch experimentelle Ergebnisse nicht mehr so einfach interpretieren kann.

Es soll daher versucht werden, Kinsbournes Vorstellungen auf das Reaktionszeitmodell anzuwenden. In der Literatur zu kognitiven neuropsychologischen Experimenten wurde in letzter Zeit die Kombination von visueller Halbfelddarbietung und Reaktionszeitmessung besonders favorisiert, da sie sehr präzise Hypothesen erlaubt und die Reaktionszeit auch allgemein in der Psychologie als sehr "sensibles" Maß gilt. Bei einem Tachistoskopexperiment nur mit der abhängigen Variable "Treffer" bleibt letztlich unklar, wie eine Asymmetrie zustande kommt, ob die Reize aus dem linken Feld in der rechten Hemisphäre, oder, nach Kreuzen der Information, in der linken verarbeitet wurden. Wenn bei visueller Halbfelddarbietung die unimanuelle Reaktionszeit erhoben wird, kann man gezielte Hypothesen darüber aufstellen, welche Ergebnisse z.B. für rechtshemisphärische Sprachverarbeitung sprechen, allerdings unter der Bedingung, daß die Annahmen, die in das Reaktionszeitmodell eingehen, stimmen.

Der Vorteil dieser Methode besteht u.a. darin, daß man auch Hypothesen darüber ableiten kann, welche Ergebnisse bei Gültigkeit des Modells nicht auftreten dürften. So wäre es z.B. unmöglich, daß man mit der rechten Hand auf Sprachreize im rechten Feld langsamer reagiert als auf Reize im linken Feld, oder daß man generell bei Sprachverarbeitungsaufgaben mit der linken Hand schneller reagiert als mit der rechten (immer auf Rechtshänder bezogen). Das erstere Ergebnis würde ich auf dem Hintergrund des Cerebral-Space-Modells als Ausdruck lateralisierter kognitiv/motorischer Interferenz ansehen, das letztere als Ausdruck generalisierter Interferenz. Solche kognitiv/motorische Interferenz könnte auch bei "Treffern" als abhängiger Variable auftreten, was jedoch weniger plausibel ist.

Im Zusammenhang mit den Kinsbourne-Hypothesen und den Ergebnissen von "dual task"-Experimenten, wo man z.B. zeigen konnte , daß es zu lateralisierter Interferenz bei gleichzeitigem "tapping" und verbaler Verarbeitung kam, glaube ich, daß man auch gewöhnliche Reaktionszeitexperimente als "dual task" betrachten muß, nämlich als zusammengesetzt aus visuo-kognitiven und motorischen Anforderungen, dem jeweiligen Antwortverhalten. Auch in Reaktions-

zeitexperimenten könnte es zu intrahemisphärischen Interferenzen kommen und möglicherweise zu interindividuellen Unterschieden in der Interferenzneigung. Die in der Literatur berichteten Geschlechtsunterschiede in Lateralisierungsstudien sind möglicherweise durch solche Unterschiede in der kognitiv/motorischen Interferenz bedingt, da kognitive und motorische Aspekte dort konfundiert sind. Gestützt wird die Vermutung, daß Interferenz bei Reaktionszeitexperimenten auftreten kann, durch die Beobachtung, daß Ergebnisse, die nach dem klassischen Reaktionszeitmodell "paradox" sind, in den Daten verschiedener Experimente auftraten (z.B. Metzger & Antes, 1976; Day, 1979; Babkoff et al., 1980).

FRAGESTELLUNG

Es sollte in dieser Arbeit bei visueller Halbfelddarbietung sprachlicher Reize geprüft werden, ob die Reaktionszeit- bzw. Trefferasymmetrie und das Auftreten von Geschlechtsunterschieden in dieser Asymmetrie von Anforderungen der Antwortmotorik beeinflußt wird. Die visuo/kognitiven Anforderungen des Experimentes sollten dabei konstant gehalten werden (gleiche Reize, lexikalische Entscheidung mit Reaktion sowohl auf "Wort" als auch auf "Silbe"), während das motorische Antwortverhalten interindividuell variiert wurde.[3)] Ein Problem bestand darin, daß man die Antwortmodalitäten zwar auf vielfältige Weise variieren, aber nur schwer quantifizieren kann. Es sollte versucht werden, die motorischen Anforderungen dadurch abzustufen, daß von den Versuchspersonen verlangt wird, jeweils die Reaktionstaste einmal, zweimal oder dreimal zu drücken. Wenn die Motorik einen Einfluß auf die intrahemisphärische kognitive Verarbeitung hat, müßte sich bei den verschiedenen Antwortbedingungen eine signifikant verschiedene Verarbeitungsasymmetrie ergeben, während nach den bisherigen statischen Vorstellungen der zerebralen Organisation die Asymmetrie stabil sein sollte. So könnte auch aufgedeckt werden, ob Geschlechtsunterschiede in der Asymmetrie damit zusammenhängen, daß gewöhnlich kognitive Verarbeitung und motorische Anforderungen für die Reaktion konfundiert sind, oder ob Frauen einfach mehr Sprachverarbeitungskapazität in der rechten Hemisphäre haben.

3.4 Hypothesen nach dem Reaktionszeitmodell

Die Vorteile der Kombination von visueller Halbfelddarbietung mit unilateraler Reaktionszeitmessung bei kognitiven Lateralisierungsstudien liegen darin, daß präzise Hypothesen aufgestellt werden können, daß die Reaktionszeit ein guter (und etablierter) Indikator für kognitive Prozesse ist, und daß die Technik sich bei einfachen Reaktionszeiten seit Poffenberger (1912) bewährt hat. Es liegen bei einfachen Reaktionszeiten plausible Schätzungen der interhemisphärischen Transmissionszeit (IHTT) vor (vgl. Bashore, 1980), so daß man hoffen kann, auch bei kognitiven Aufgaben von solchen experimentellen Ergebnissen her den zerebralen Ort (Hemisphäre bzw. das Zusammenwirken der beiden Hemisphären) erschließen zu können. Aus diesem Grunde wurde die Technik auch in letzter Zeit häufig verwendet (z.B. Moscovitch, 1973; Babkoff et al., 1980; Day, 1979, 1977; Barry, 1981; zur Übersicht: Beaumont, 1982).

Bezogen auf die vorliegende Untersuchung könnte man also vom Reaktionszeitmodell her zunächst folgende Hypothesen aufstellen[4]:
- Wenn bei Männern und Frauen nur die linke Hemisphäre Sprachverarbeitungskapazität hätte (klassische Dominanzposition), müßten die Reaktionen mit der linken Hand auf Reize aus dem linken Feld langsamer sein als auf Reize aus dem rechten, da die Information kreuzen müßte. Die Differenz wäre eine IHTT.
- Wenn die rechte Hemisphäre eigene Sprachverarbeitungskapazität hat (z.B. bei Frauen), müßte die Reaktionszeit mit der linken Hand auf Reize aus dem linken Feld schneller sein als auf Reize aus dem rechten und mit der rechten Hand schneller auf Reize aus dem rechten Feld (gegenläufige Asymmetrie). Dies entspricht der "direct access"-Hypothese, also der Annahme, die Hemisphäre verarbeitet diejenigen Reize, die sie bei der visuellen Halbfelddarbietung auf direktem Wege erreichen.

Man kann bei Anwendung dieser Methode prüfen, ob die rechte Hemisphäre von Frauen relativ mehr Verarbeitungskapazität hat als die von Männern, also ob bei ihnen die "direct access"-Hypothese zutrifft und bei Männern die "Dominanzhypothese", oder auch diffe-

renzierter, bei welchen Reizklassen ein Unterschied auftritt. Es wäre z.B. denkbar, daß die rechte Hemisphäre bei Männern hochvertraute einfache Substantive noch verarbeiten kann, nicht aber wenig vertraute und bei Frauen beide Kategorien.

Die populäre Position "Frauen sind weniger asymmetrisch organisiert als Männer" würde also nicht in einer generell geringeren Asymmetrie (Feld-Differenz) der Reaktionszeiten im Experiment zum Ausdruck kommen (wie man vielleicht meinen könnte), da ja diese Differenz laut Modell die IHTT wieder gibt; d.h., eine geringere Asymmetrie bei Frauen würde für eine unterschiedliche interhemisphärische Transmissionszeit sprechen, also für einen Geschlechtsunterschied in der Funktion des Corpus Callosum und nicht in der Funktion der Hemisphären.[5)]

Die oben genannten Hypothesen lassen sich wie folgt formalisieren:

Gliederung der Reaktionszeit in:

I = Inputzeit O = Outputzeit

V = Verarbeitungszeit C = Crossing-Zeit

1. Nur die linke Hemisphäre hat Sprachverarbeitungskapazität (Dominanzhypothese).

Reizdarbietung	reagierende Hand	Zusammensetzung der Reaktionszeit	Felddifferenz (positiv = Vorteil des rechten Feldes)
re. Feld	re. Hand	I + V + O	+C
li. Feld	re. Hand	I + C + V + O	
re. Feld	li. Hand	I + V + C + O	+C
li. Feld	li. Hand	I + C + V + C + O	

2. Rechte und linke Hemisphäre haben Sprachverarbeitungskapazität ("direct access"-Hypothese)

re. Feld	re. Hand	I + V + O	+C
li. Feld	re. Hand	I + V + C + O	
re. Feld	li. Hand	I + V + C + O	-C
li. Feld	li. Hand	I + V + O	

Soweit die "naiven Hypothesen". In diese Vorstellungen gehen eine Reihe von impliziten Annahmen ein, die möglicherweise nicht ganz berechtigt sind.

Zunächst geht man bei solchen Experimenten davon aus, daß die Motorik der rechten Hand allein von der linken Hemisphäre und die der linken allein von der rechten ausgelöst wird. Dafür gibt es in der experimentellen Literatur viele Belege (z.B. Brinkman & Kuypers, 1973) wie auch in der klinischen Praxis (kontralaterale Lähmung bei unilateralem Hirnschaden). Allerdings gibt es auch Vermutungen einer ipsilateralen Kontrolle der Hand (Gazzaniga et al., 1976; Preilowski, 1972; Todor et al., 1982) oder sogar einer Asymmetrie derart, daß die linke Hemisphäre die rechte Hand kontrolliert und außerdem einen gewissen Einfluß auch auf die linke Hand hat, aber die rechte Hemisphäre nicht umgekehrt (Semmes, 1968). Außerdem gibt es noch die Vorstellung, daß generell für binäre Wahlreaktionen (unabhängig von den Reizen) die linke Hemisphäre zuständig ist (Effron, 1963; Bisiach et al., 1982). Das alles würde natürlich die einfache Interpretation von Reaktionszeitexperimenten beeinträchtigen, weil eine zusätzliche Asymmetrie auftritt, nicht aber unmöglich machen, da das Reaktionszeitmodell die Möglichkeit der internen Fehlerkontrolle hat. Für das Beispiel der linkshemisphärischen Dominanz für die Wahlreaktion sei hier die formalisierte Hypothese dargestellt (vgl. Heister & Schroeder-Heister, 1984). Daraus ist ersichtlich, daß man solche "Fehlerquellen" (aus der Sicht der kognitiven Lateralisierungsstudien) im Experiment mit überprüfen kann.

Wenn zwar beide Hemisphären Sprachverarbeitungskapazität haben, aber z.B. nur die linke binäre Entscheidungen treffen kann, ergibt sich mit der zusätzlichen Komponente: E = Entscheidungszeit:

re. Feld	re. Hand	I + V + E + O	+C
li. Feld	re. Hand	I + V + C + E + O	
re. Feld	li. Hand	I + V + E + C + O	+C
li. Feld	li. Hand	I + V + C + E + C + O	

Weiterhin wird implizit angenommen, daß das Kreuzen der Information von links nach rechts bzw. von rechts nach links gleichermaßen stattfindet und gleich schnell geht. Es wäre also z.B. denkbar, daß zwar die rechte Hemisphäre bestimmte Sprachreize verar-

beiten kann, aber kaum in der Lage ist, die motorische Antwortreaktion der rechten Hand auszulösen, was ein Kreuzen über das Corpus Callosum erfordert. Im übrigen sind bei solchen Experimenten theoretisch zwei verschiedene Typen von interhemisphärischem Kreuzen möglich, einmal das Kreuzen der "Rohinformation", die aus dem jeweiligen visuellen Feld projiziert wurde zum Zweck der kognitiven Verarbeitung, zum anderen das Kreuzen der "Verarbeitungsergebnisses" zum Zweck der Auslösung der Antwortreaktion. Diese beiden Vorgänge müssen nicht unbedingt gleich lang dauern oder gleich gut von beiden Hemisphären her möglich sein. Es gibt sogar die Überlegung, daß ein Kreuzen von "Rohinformation" gar nicht möglich ist, da es keine Callosum-Verbindungen zwischen den primären Sehfeldern der rechten und linken Hemisphäre (area 17, 18) gibt. Davon abgesehen wären auch noch subkortikale "pathways" denkbar (vgl. Levy et al., 1983).

Aber auch solche Asymmetrien in der interhemisphärischen Kommunikation sind innerhalb des Reaktionszeitmodells überprüfbar. Wenn z.B. die rechte Hemisphäre zwar auch Sprachreize verarbeiten, nicht aber die Antwortmotorik der rechten Hand auslösen kann, müßte sich das im experimentellen Ergebnis so äußern, daß Reaktionen mit der rechten Hand schneller auf Darbietung im rechten Feld als im linken erfolgen und mit der linken Hand schneller bei Darbietung im linken als bei Darbietung im rechten Feld, und gleichzeitig müßten die Reaktionen mit der rechten Hand bei Darbietung im linken Feld sehr viel langsamer sein als die Reaktionen der linken bei Darbietung im rechten Feld.

Formalisiert: Wenn beide Hemisphären Sprachverarbeitungskapazität haben, aber von der rechten Hemisphäre aus die Motorik der rechten Hand nur schwer (auf Umwegen) ausgelöst werden kann, ergibt sich mit Z = Zusatzzeit für Auslösung der Motorik von rechts:

re. Feld	re. Hand	I + V + O	+Z
li. Feld	re. Hand	I + V + Z + O	
re. Feld	li. Hand	I + V + C + O	-C
li. Feld	li. Hand	I + V + O	

Eine weitere Annahme bei Reaktionszeitexperimenten ist die, daß das Verarbeitungstempo konstant ist und gleich für die rechte und linke Hemisphäre. Aber auch das ließe sich "intern" überprüfen, z.B. müßten dann die Reize aus einem Feld unabhängig von der reagierenden Hand schneller verarbeitet werden als die aus dem anderen Feld und zugleich eine Feld/Hand - Interaktion auftreten (geringere Feldasymmetrie für die von der langsamer arbeitenden Hemisphäre gesteuerte Hand).

Formalisiert: Angenommen, die linke Hemisphäre arbeitet langsamer als die rechte [Sprachverarbeitungskapazität in beiden Hemisphären], dann ergibt sich mit K = Konstante für die zusätzliche Verarbeitungszeit der generell langsameren Hemisphäre:

re. Feld	re. Hand	I + V + K + O
li. Feld	re. Hand	I + V + C + O
re. Feld	li. Hand	I + V + K + C + O
li. Feld	li. Hand	I + V + O

Wenn K > C, dann Linksfeldüberlegenheit für rechte Hand und größere Linksfeldüberlegenheit für linke Hand
Wenn K < C, dann kleine Rechtsfeldüberlegenheit für rechte Hand, größere Linksfeldüberlegenheit für linke Hand
Wenn K = C, dann keine Asymmetrie für rechte Hand, Linksfeldüberlegenheit von 2C für linke Hand.

Generell zeichnet sich das Reaktionszeitmodell, wie es von Moscovitch (1973) und anderen vertreten und angewandt wird, dadurch aus, daß es ein statisches Konzept ist. Man nimmt an, daß bestimmte Personen eine stabile zerebrale Asymmetrie für die Verarbeitung bestimmter Reizklassen bzw. für bestimmte Formen der kognitiven Verarbeitung haben, die man mit dieser Methode ermitteln kann (natürlich nicht individuell, sondern auf die Gruppe bezogen, z.B. rechtshändige Männer). So kann man dann auch auf diesem Hintergrund Hypothesen darüber ableiten, welche experimentellen Ergebnisse bei Gültigkeit des Modells nicht auftreten dürften. Da die Sprachverarbeitungskapazität der linken Hemisphäre seit 100 Jahren bekannt ist, kann man z.B. sagen, daß es im Rahmen des Reaktionszeitmodells unmöglich ist, daß Rechtshänder auf

Sprachreize aus dem rechten Feld mit der rechten Hand langsamer reagieren als mit der linken Hand, da im letzten Fall die Auslösung der motorischen Reaktion den Umweg über das Corpus Callosum erfordert. Ein solches Ergebnis wäre nur erklärbar auf der Basis eines dynamischen Konzepts der zerebralen Verarbeitung, das annimmt, daß eine Hemisphäre mehr oder weniger aktiviert sein kann oder auch "überladen", wodurch Änderungen der Asymmetriegrade und "paradoxe" Asymmetrie zustande kommen. Darauf soll im folgenden weiter eingegangen werden.

3.5 Hypothesen nach dem Cerebral-Space-Modell

Im folgenden soll nun versucht werden, die Vorzüge des Reaktionszeitmodells mit der Vorstellung einer "dynamischen Asymmetrie" zu verbinden, wobei zugegebenermaßen Kinsbournes Konzept eher heuristischen Charakter hat. Die Literatur zu Reaktionszeitmessung in visuellen Halbfeldstudien zeigt eine große Variabilität der IHT-Zeiten (insbesondere bei kognitiven Aufgaben), und daraus muß man schließen, daß noch andere bisher unentdeckte Faktoren die Zeit beeinflussen (vgl. auch Swanson et al., 1978).

Die Hypothese der vorliegenden Untersuchung ist, daß die Antwortmotorik mit der kognitiven Verarbeitung einer Aufgabe interferieren kann, daß also ein gewöhnliches Experiment schon als eine Art "dual task" angesehen werden muß. Ein solcher Motorik-Effekt könnte sich schon im ersten Experiment zeigen, als "paradoxe" Asymmetrie, oder erst bei Steigerung der Anforderungen an die Motorik auftreten. Damit wird eine der Grundannahmen des Reaktionszeitmodells in Frage gestellt, nämlich die implizit in das Experimentieren eingehende Annahme, daß Motorik und Kognition unabhängig und zeitlich additiv sind, weshalb man glaubt, die "output"-Seite in Lateralisierungsstudien vernachlässigen zu können und eine auftretende Verarbeitungsasymmetrie einfach als Indikator der Hemisphärenspezialisierung für die jeweilige kognitive Aufgabe interpretieren zu können. Wenn das so wäre, würde dadurch ein Teil der Variabilität der experimentellen Ergebnisse in Lateralisierungsstudien erklärbar, in denen ja gewöhnlich kognitive und motorische Anforderungen konfundiert sind.

Gestützt wird die Vermutung einer Interferenz durch verschiedene Befunde anderer Untersuchungen, die auf den ersten Blick nichts mit der vorliegenden zu tun haben. Hier wären zunächst die bereits erwähnten "dual tasks" oder "time sharing"-Experimente zu nennen, bei denen es zu lateralisierter Interferenz zwischen z.B. Fingertapping der rechten Hand und verbalen Aufgaben gekommen war. Der wesentliche Unterschied zwischen solchen "dual tasks" und einer gewöhnlichen visuellen Halbfeldstudie besteht darin, daß hier zwei Aufgaben genau zur gleichen Zeit ablaufen,

während man bei visuellen Halbfeldstudien, wie bei jeder Art von Verhaltensexperiment implizit annimmt, daß Kognition und Motorik nacheinander ablaufen, daß zunächst die Reizverarbeitung stattfindet und nach der Entscheidung die Antwortreaktion, d.h. die Prozesse werden als unabhängig voneinander angesehen und die erforderlichen Zeiten als additiv. Dabei wurde bisher nicht bedacht, daß auch die Antwortmotorik z.B. der rechten Hand in einer Hemisphäre, der linken, initiiert wird, so daß es "räumlich" ähnlich wie bei den "dual tasks" zu einer Interferenz kommen könnte, und außerdem auch zeitlich, da die Antwortreaktion, wie jede willentliche Bewegung, auch eine "kognitive" Vorplanung erfordert und ein gewisses "arousal" im Gehirn schon lange vor der beobachtbaren Reaktion bewirkt, wie elektrophysiologische Arbeiten zum Bereitschaftspotential (Deecke et al., 1969; Deecke & Kornhuber, 1978) zeigten. Von daher sehe ich also schon rein "zeitlich" und "räumlich" die Möglichkeit einer Interferenz zwischen der noch ablaufenden kognitiven Reizverarbeitung und der Antwortreaktion als gegeben.

Demnach lautet für die vorliegenden Experimente die Hypothese, daß die Asymmetrierichtung bzw. der Grad der Asymmetrie nicht stabil bleibt bei Steigerung der Anforderungen an die Antwortmotorik (wie man von statischen Modellen her annehmen müßte), sondern letztlich in der Richtung umschlägt, d.h. langsamere Reaktionszeiten bei direkter neuronaler Verbindung als bei indirekter auftreten. Dadurch würde ein eher dynamisches Konzept der zerebralen Organisation wie das von Kinsbourne gestützt, wenn auch die vorliegenden Hypothesen durch die Annahme einer Interferenz zwischen kognitiver Verarbeitung und Antwortreaktion im gleichen Experiment (und eines Geschlechtsunterschieds in dieser Interferenz) noch über Kinsbourne hinausgehen.

Dies scheint mir aber berechtigt zu sein, da in der Literatur einige versteckte (bzw. entlegene) Hinweise auf eine solche Möglichkeit vorliegen. So gibt es in visuellen Halbfeldstudien Ergebnisse, die über die Annahme einer kognitiv/motorischen Interferenz erklärbar wären, nicht aber über die statischen Konzepte der zerebralen Verarbeitung (z.B. schnellere Reaktionen generell

mit der rechten oder linken Hand (Rebert & Manoney, 1978; Shanon, 1979; Day, 1979; Strauss & Moscovitch, 1981; Low & Rebert, 1978) als Ausdruck eines generalisierten "overload"-Effekts oder Asymmetrie in die falsche Richtung, d.h. schnellere Reaktionen bei indirekten als bei direkten Verbindungen (z.B. Metzger & Antes, 1976; Day, 1979; Babkoff et al, 1980). Solche Ergebnisse sind manchmal nicht signifikant, aber da von der Theorie her z.B. eine Asymmetrie in umgekehrter Richtung vorhergesagt wird, deshalb bedeutsam, da neuroanatomisch von statischen Modellen her eigentlich nicht möglich (wenn z.B. bei Darbietung von Sprachreizen im rechten visuellen Feld die Reaktionen mit der rechten Hand langsamer sind als bei Darbietung im linken Feld).

Eine Arbeit von Rizzolatti et al. (1979) zeigte den Einfluß von gleichzeitig ablaufenden Tests auf die Reaktionszeiten bei Halbfeld-Darbietung von unstrukturierten visuellen Reizen. Es trat eine starke Linksfeldüberlegenheit bei einfachen Reaktionszeiten auf, wenn ein verbaler oder "praxic"-Test zusätzlich ausgeführt werden mußte, was die Autoren als Interferenz zwischen Aktivitäten der Mechanismen, die für verbales und "praxic"-Verhalten zuständig sind, und denen, die für die Reaktion auf Stimuli aus dem rechten visuellen Feld zuständig sind, ansehen. Von diesem Ergebnis her ist es zur oben formulierten Hypothese nicht weit. Es bedarf nur der Zusatzannahme, daß in einem Reaktionszeitexperiment kognitive Verarbeitung und "response" intrahemisphärisch nicht einfach unabhängig nacheinander ablaufen, sondern schon eine Art "dual task" darstellen.

Einen weiteren Beleg für die These einer kognitiv/motorischen Interferenz könnte man auch eine Arbeit von Cotton et al. (1980) ansehen, die eigentlich S-R-Kompatibilität untersuchen wollte, aber ein Ergebnis erbrachte, das nach Meinung der Autoren nur als Lateralisierungseffekt interpretierbar ist und zwar unter der Annahme, daß die Motorik der reagierenden Hand anregend auf die kontralaterale Hemisphäre wirkt,und zwar nicht unspezifisch sondern spezifisch, indem die Verarbeitung der "more salient aspects" eines Reizes bevorteilt wird. Es war bei Reizdarbietung im oberen und unteren rechten und linken visuellen Feld der Effekt

aufgetreten, daß die Reaktionszeiten der ipsilateralen Hand zu einem Licht im oberen visuellen Feld und die Reaktionen der zu einem Licht im unteren visuellen Feld kontralateralen Hand am schnellsten waren. Da das Ergebnis auch bei Verwendung von Symbolen für "oben" und "unten" auftrat, die rechts und links dargeboten wurden, schließen die Autoren auf hemisphärenspezifische Verarbeitung. Diese Arbeit ist in späteren Artikeln sehr angegriffen worden (z.B. Katz, 1981; Nicoletti et al., 1982; Schwartz & Kirsner, 1982; Whitaker, 1982) eben wegen dieser These, daß die Motorik einen Effekt auf die intrahemisphärische Verarbeitung hat, was natürlich erst zu beweisen ist (z.B. in der vorliegenden Arbeit). Man hat als alternative Erklärung der Ergebnisse angeführt, die Bewegung von einem "home key" zum Antwortknopf bedinge den Effekt, was meiner Meinung nach auch erst zu beweisen wäre; es treten wahrscheinlich solche Effekte auch ohne Bewegung der Hand oder des Arms auf, z.B. bei Zwei-Finger-Wahl-Reaktion (vgl. Katz, 1981).

Einen Hinweis darauf, daß es nicht nur zu Interferenz, sondern auch zu Geschlechtsunterschieden in der Interferenz kommen könnte, sehe ich (neben der bereits dargestellten Arbeit (Kap. 2.4) von Rebert & Mahoney, 1978) in einer Pilotstudie von Low & Rebert (1978), die bisher in der Literatur ignoriert wurde. Sie zeigte anhand von 5 Versuchspersonen, daß sich eine kognitiv/motorische Interferenz in den Reaktionszeiten äußerte (allerdings bei zentraler Reizdarbietung) und daß die Interferenz bei Frauen früher auftrat als bei Männern, d.h. es kam bei der komplizierteren beidhändigen "mixed"-Antwortbedingung unter schwierigen Wahrnehmungsbedingungen (reduzierte Darbietungszeit) zu einer Geschlecht/Hand-Interaktion. Die Reaktionszeiten der rechten Hand (bei grammatischen Entscheidungen) waren jetzt für Frauen verlangsamt.

Solche Geschlechtsunterschiede in kognitiv/motorischer Interferenz, mittlerweile auch schon bei "dual tasks" aufgetreten (Hatta & Minagawa, 1982) stimmen auch mit Befunden von Kimura (1983, 1984) bei Hirngeschädigten überein, die darauf hinweisen, daß schon intrahemisphärisch ein Geschlechtsunterschied zu bestehen

scheint in der Organisation von Hirnbezirken, die an Sprachprozessen, und solchen, die an motorischen Abläufen beteiligt sind. Es ist also zu erwarten, daß in der vorliegenden Untersuchung Geschlechtsunterschiede in der kognitiv/motorischen Interferenz auftreten, möglicherweise derart, daß die Interferenz, wie schon Low & Rebert (1978) vermuteten, bei Frauen schon unter weniger extremen Bedingungen vorkommt. Das schließt natürlich nicht aus, daß es nicht außerdem Geschlechtsunterschiede in der Sprachverarbeitung geben kann, die unabhängig von der Motorik sind. Es würde aber eine mögliche Erklärung für heterogene Ergebnisse in Experimenten mit unkontrollierten Anforderungen an die Antwortmotorik liefern.

Die bisherigen Überlegungen bezogen sich alle auf die Reaktionszeiten als abhängige Variable. Bezüglich der Korrektheit der Antworten läßt sich eine gezielte Hypothese über den Einfluß der Antwortmotorik nicht aufstellen, es sei denn, man gehe (wie implizit in der Literatur) davon aus, daß Reaktionszeitasymmetrie und Trefferasymmetrie gleichermaßen Indikatoren für die hemisphärische Verarbeitungskapazität sind, und müsse von daher auch annehmen, daß beim gleichen Experiment auch die gleiche Asymmetrie für Reaktionszeiten und Treffer auftritt. Das halte ich aber nicht für gerechtfertigt. Die Asymmetrie von Treffern und Reaktionszeiten können durchaus in verschiedene Richtungen weisen, d.h. es ist denkbar, daß zwar die Verarbeitung z.B. in der rechten Hemisphäre abläuft, aber mit weniger "Erfolg" als in der linken. Reaktionszeit könnte man demnach vielleicht als Indikator für den Ort der Verarbeitung bzw. für das Verarbeitungstempo ansehen und Treffer für die Qualität, d.h. die Art der Spezialisierung des jeweiligen Prozessors. Hinweise auf eine solche Dissoziation zwischen der aktiven Hemisphäre und der spezialisierten traten schon in der Split-Brain-Forschung auf (z.B. Levy, 1977; Levy & Trevarthen, 1976), die aber in der Literatur zur visuellen Halbfeldtechnik nicht berücksichtigt worden sind. Es wäre aber vielleicht auch hier sinnvoll, zwischen der relativen Aktivierung und der relativen Leistungsfähigkeit zu unterscheiden, d.h. es ist nicht unbedingt eine Übereinstimmung in den Ergebnissen zu erwarten, auch nicht hinsichtlich der Geschlechtsunterschiede.

Allerdings sollten Frauen, wenn es stimmt, daß bei ihnen die Sprachkapazität stärker bilateral angelegt ist, generell eine geringere Treffer-Asymmetrie zeigen als Männer, d.h. sie sollten mehr Sprachreize aus dem linken visuellen Feld richtig verarbeiten.

Auf weitere Details und zusätzliche Fragen wird im Zusammenhang mit den einzelnen Experimenten noch eingegangen.

4 Eigene Experimente

4.1 Experiment I

4.1.1 Einleitung[6)]

In der Literatur ist häufig eine Rechtsfeldüberlegenheit für das Erkennen von tachistoskopisch dargetotenem verbalem Material bei englischsprechenden Versuchspersonen nachgewiesen worden (z.B. White, 1969; McKeever & Huling, 1971; Moscovitch, 1973; McKeever, 1974; Springer, 1977). Dieses Ergebnis wurde, auf dem Hintergrund der neuroanatomischen Grundlagen und der Informationen, die man bezüglich der Sprachlateralisierung an Hirngeschädigten Patienten gewonnen hatte, als Ausdruck der Spezialisierung der linken Hemisphäre für Sprachverarbeitung interpretiert.

In letzter Zeit wird in der Lateralisierungsforschung aber immer deutlicher, daß eine einfache Dichotomie (sprachliche vs. nichtsprachliche Leistung, oder analytische vs. holistische, sequentielle vs. parallele) zur Beschreibung der Organisation zerebraler Verarbeitungsprozesse nicht ausreicht. Es häufen sich Befunde, die auf eine Beteiligung der rechten Hemisphäre an Sprachverarbeitungsprozessen hinweisen (z.B. bei Split-Brain-Patienten: Gazzaniga & Hillyard, 1971; Zaidel, 1976, 1978c;bei Hemisphärektomierten: Zaidel, 1976, 1978a, 1978b; bei normalen Versuchspersonen: Blumstein & Cooper, 1974; Babkoff,1981; Day, 1977; eine Übersicht bietet: Searleman 1977). Darüberhinaus zeigen auch interindividuelle Unterschiede in der Sprachlateralisierung bei Rechtshändern (z.B. Marshall, 1973; McGlone, 1980; Hardyck, 1977; Hellige, 1975) zu interkulturellen Unterschieden (z.B. Hatta, 1977; Hatta & Dimond, 1980) und Trainings- bzw. Strategieeffekte (Bever, 1975; Wagner & Hannon, 1981) und Lateralisierungsunterschiede zwischen verschiedenen Sprachsystemen (Kana/Kanji oder Lautsprache/Signe-Sprache) (Elman et al., 1981, Neville 1977), daß ein differenzierteres Modell der zerebralen Organisation notwendig ist. Die rechte Hemisphäre scheint bei einzelnen Personengruppen und bei verschiedenen Sprachsystemen bzw. verschiedenen Sprachverarbeitungsanforderungen mehr oder weniger

stark beteiligt zu sein. In diesem Zusammenhang wurden in letzter Zeit auch immer häufiger Geschlechtsunterschiede in Lateralisierungsstudien entdeckt.

Die experimentellen Befunde und daran anschließenden theoretischen Spekulationen bezüglich der Geschlechtsunterschiede sind bisher (wie in Kap. 2 dargestellt) sehr kontrovers. Buffery & Gray (1972) nehmen z.B. an, daß die Sprachfunktionen von Frauen früher und stärker in der linken Hemisphäre lokalisiert sind, woraus sich auch deren abgebliche sprachliche Überlegenheit ergebe (vgl. Heister, 1982). Entsprechendvermuten sie, daß räumlich-visuelle Funktionen bei Frauen früher und stärker in der rechten Hemisphäre lokalisiert sind als bei Männern, was sich auf die Gesamtleistung nachteilig auswirken soll. Fairweather (1976, 1982) kritisiert diese Position und führt als Beleg Experimente an,die keine Geschlechtsunterschiede erbracht hatten bzw. eine größere Asymmetrie bei Männern. Seiner Meinung nach liefern die vorliegenden Befunde sehr wenig Evidenz für Geschlechtsunterschiede im verbalen Bereich, aber einige bezüglich räumlich-visueller Leistungen. Diese Funktionen scheinen bei Frauen symmetrischer angelegt zu sein als bei Männern. Andere Autoren (eine Übersicht bietet McGlone, 1980; Bryden, 1979) vertreten dagegen die Position, bei Frauen seien die Sprachfunktionen ähnlich wie bei Linkshändern eher in beiden Hemisphären lokalisiert. McGlone (1980) kommt nach einer ausführlichen Literaturübersicht, die sich allerdings hauptsächlich auf Experimente an hirngeschädigten Patienten bezieht, zu der Überzeugung, daß das Gehirn von Männern generell asymmetrischer angelegt sei als das von Frauen. Ein "harter" Beleg für diese These ist ihre eigene Untersuchung (1978), die zeigte, daß weniger linkshirngeschädigte Frauen sprachlich beeinträchtigt sind, und wenn, dann in geringerem Maße als Männer. Andere vergleichbare Untersuchungen (z.B. De Renzi et al., 1980; Kertesz & Sheppard, 1981) haben aber auch hier zu widersprechenden Ergebnissen geführt. Kimura (1983) glaubt schließlich, daß ein Geschlechtsunterschied schon der intrahemisphärischen Organisation der linken Hemisphäre besteht.

Zur Zeit scheint es also mindestens verfrüht, generell eine größere zerebrale Asymmetrie bei Männern anzunehmen, was heute die populärste Variante ist. Es gibt, vor allem bei normalen Versuchspersonen, eine Reihe von umgekehrten Ergebnisse, besonders bei Experimenten, in denen emotionale Komponenten beteiligt waren, wie z.B. beim Verarbeiten von Gesichtsausdruck (Strauss & Moscovitch, 1981) oder von emotionalen Wörtern (Graves et al., 1981), und eine Vielzahl von Experimenten, die keinen Geschlechtsunterschied erbrachten (vgl. Fairweather, 1982).

Wenn Frauen für Sprachverarbeitung stärker bilateral organisiert sind als Männern, was zugleich auch heißt, daß sie rechtshemisphärische Sprachkapazität haben, dann müßte dies auch an normalen Versuchspersonen mit den Methoden nachweisbar sein, mit denen bereits sprachliche Leistungen der rechten Hemisphäre aufgezeigt werden konnten.

Die Tachistoskopmethode hat schon Belege für rechtshemisphärische Sprachverarbeitung erbracht, die gut mit den klinischen Befunden übereinstimmen. So konnten z.B. Ellis & Sheppard (1974) neben einem generellen linkshemisphärischen Vorsprung für Sprachverarbeitung auch zeigen, daß konkrete Substantive aus dem linken visuellen Feld besser verarbeitet wurden als abstrakte, während bei Rechtsfelddarbietung kein solcher Unterschied auftrat. Einen ähnlichen Effekt konnte Hines (1976, 1977) zeigen. Die geringe Asymmetrie bei vertrauten, konkreten Substantiven, verglichen mit anderen Wortarten, wurde als Beleg dafür angesehen, daß diese von beiden Hemisphären verarbeitet werden können, und widerlegt dabei zugleich die Auffassung, die Rechtsfeldüberlegenheit in Tachistoskopexperimenten sei allein durch "scanning" und Lesegewohnheiten zu erklären, denn dann hätte eine generelle Rechtsfeldüberlegenheit auftreten müssen.

Die Auswertung von Treffer- bzw. Fehlerquoten bei tachistoskopischer Halbfelddarbietung erlaubt aber nur in solchen Fällen eine Aussage darüber, ob sprachliche Reize in der rechten Hemisphäre verarbeitet wruden oder zur Verarbeitung über das Corpus Callosum in die linke Hemisphäre "gesendet" werden mußten, wenn,

wie oben dargestellt, die eine Hemisphäre die Reize in einer anderen Rangfolge verarbeitet als die andere. Wenn in einem Experiment aber eine generelle Feldüberlegenheit auftritt, oder die verschiedenen Reizklassen aus beiden Feldern in der gleichen Rangfolge verarbeitet werden, kann man nicht entscheiden, ob die Reize aus dem linken Feld in der rechten oder linken Hemisphäre verarbeitet wurden, d.h. ob die schlechtere Leistung bei Reizen aus dem linken Feld durch geringere Fähigkeiten der rechten Hemisphäre bedingt ist oder durch die Unterlegenheit des indirekten Kanals (möglicher Energieverlust auf dem Umweg über das Corpus Callosum, Verzerrung des Signals usw.).

Es wäre möglich, daß Sprachreize bei gesunden Versuchspersonen von der rechten Hemisphäre selbständig verarbeitet werden, allerdings mit durchgängig weniger Erfolg als von der linken (mehr Fehler, geringeres Vokabular, usw.) Ergebnisse aus der Split-Brain-Forschung und aus der Arbeit mit Hemisphärektormierten lassen dies vermuten. Die Kombination von tachistoskopischer Halbfelddarbietung mit Reaktionszeitmessung bietet den Vorteil, auch in solchen Fällen auf den Ort der Verarbeitung schließen zu können, sofern man die zum Tasten benutzte Hand als experimentelle Variable berücksichtigt. Diese Methode ist allerdings auch mit Problemen behaftet, wie bereits dargestellt wurde (vgl. Kap. 3.4).

Während früher ausschließlich mit Lichtblitzen oder Einzelbuchstaben gearbeitet wurde, ist heute schon vielfach die unimanuelle Reaktionszeitmessung in Kombination mit tachistoskopischer Halbfelddarbietung von bedeutungshaltigem Material verwendet worden (Leiber, 1976; Day, 1977, 1979; Shanon, 1979; Babkoff et al., 1980; Barry, 1981). Babkoff et al. (1980) haben mit grammatischen Entscheidungen, die anderen oben erwähnten Autoren mit lexikalischen Entscheidungen gearbeitet. Die tastende Hand wurde entweder intra- oder interindividuell variiert. Während aber linkshemisphärisch Geschädigte auch bei starker verbaler Beeinträchtigung noch zu reliablen Wort-Nichtwort-Entscheidungen fähig sind (vgl. Glass et al, 1973; Patterson & Marcel, 1977; Patterson, 1979), was man als Hinweis auf lexikalische Fähigkeiten der rechten Hemisphäre auffassen könnte, sind die entsprechenden Befunde an Normalen, die mit visueller Halbfelddar-

bietung und Reaktionszeit gewonnen wurden, noch recht heterogen.

So fand z.B. Leiber (1976) einen Rechtsfeldvorsprung für Reaktionszeiten und Treffer bei Wörtern und keinen Felduntersched bei Nicht-Wörtern. Sie arbeitete mit hoch- und niedrigfrequenten Wörtern und "pronouncable" und "unpronouncable"Nicht-Wörtern, die waagerecht dargeboten wurden. Die tastende Hand wurde mit in die Auswertung einbezogen. Rechtshänder und Linkshänder nahmen am Experiment teil, die Verteilung der Geschlechter ist allerdings unbekannt. Auch Day (1977) hat eine lexikalische Entscheidung treffen lassen. Die Versuchspersonen sollten eine Taste drücken, wenn ein englisches Wort vorkam und nicht reagieren, wenn ein Nicht-Wort vorkam. Es zeigte sich, daß bei konkreten Substantiven kein signifikanter Feld- oder Handeffekt auftrat, bei abstrakten Substantiven trat dagegen eine signifikante Rechtsfeldüberlegenheit und ein signifikanter Handeffekt (rechte Hand schneller als linke) auf. Bezüglich der Fehler zeigte sich kein Feldeffekt, was möglicherweise daran liegen könnte, daß insgesamt zu wenig Fehler gemacht wurden.

In einem vergleichbaren Experiment hat Day (1979) "high imagery"- und "low imagery"-Substantive, -Adjektive und -Verben vertikal dargeboten. Männer und Frauen nahmen teil, das Geschlecht wurde aber wieder nicht als experimentelle Variable berücksichtigt. Es zeigte sich eine Rechtsfeldüberlegneheit für wenig anschauliche Substantive, Adjektive und Verben wie auch für stark anschauliche Verben, dagegen keine Felddifferenz bei stark anschaulichen Substantiven und Adjektiven. Day schließt daraus, daß sowohl die Anschaulichkeit als auch die syntaktische Klasse für die Sprachverarbeitungsleistungen der rechten Hemisphäre bedeutsam sind.

Shanon (1979) führte zwei ähnliche Experimente durch, an denen nur männliche Versuchspersonen teilnahmen. Sie sollten entscheiden, ob ein lateral senkrecht dargebotener Reiz ein englisches Wort sei oder nicht. Im ersten Experiment wurden Substantive, Verben und Nicht-Wörter verwendet, im zweiten waren die Wörter konkrete und abstrakte Substantive. Die Frequenz war kontrolliert.

Im Gegensatz zu Day (1977), der ein fast identisches Experiment durchführte, konnte Shanon keinen signifikanten Rechtseffekt finden. Da dieser Befund von besonderer theoretischer Relevanz zu sein scheint, wurde hier ausnahmsweise einmal eine Arbeit publiziert, die kein "signifikantes" Ergebnis brachte. Shanon glaubt, daß die widersprüchlichen Ergebnisse mit der unterschiedlichen Länge der Experimente zusammenhängen könnten, Days' war viermal so lang wie Shanons. Er vermutet (nach Hardyck et al., 1978), daß die Asymmetrie in späteren "trial"-Blocks größer ist als im ersten und dies den Unterschied zwischen Days' und seinen Experimenten ausmachen könnte, daß also die Asymmetrieeffekte in Tachistoskopexperimenten auf Übungs- und Gedächtnisprozesse zurückführbar sind, die bei langen Experimenten auftreten, in denen mehrfach dieselben Reize vorkommen.

Im Hinblick auf diese widersprüchlichen Ergebnisse war nun das Ziel des vorliegenden Experimentes, zu prüfen, 1. ob bei lexikalischen Entscheidungen mit unimanueller Reaktionszeitmessung und senkrechter Reizdarbietung ein Asymmetrieeffekt nachweisbar ist, eventuell sogar schon ein Effekt der reagierenden Hand auf die Ergebnisse, 2. ob sich die beiden Geschlechter in der Asymmetrie unterscheiden, 3. ob sich die Asymmetrie im Laufe des Experimentes signifikant vergrößert und die Geschlechter sich eventuell darin unterscheiden.

4.1.2 Methode

Versuchspersonen

Zweiunddreißig Studenten und Universitätsangestellte (16 Männer, 16 Frauen) nahmen an diesem Versuch teil. Die Frauen waren zwischen 19 und 30 Jahren alt ($\bar{x}$=22.9) die Männer zwischen 20 und 35 ($\bar{x}$=23.9). Alle waren Rechtshänder ohne linkshändige Verwandte ersten Grades und sprachen Deutsch als Muttersprache. Sie hatten normale oder entsprechend korrigierte Sehschärfe, was mit einem Bausch & Lomb Sehtestgerät überprüft wurde. Sechs potentielle Versuchsteilnehmer mußten von der Teilnahme am Experiment ausgeschlossen werden, da sie nicht mindestens 20/22 snellen Sehschärfe hatten. Dies war notwendig, um ein adäquates Leistungsniveau in dieser relativ schwierigen Wahrnehmungsaufgabe zu sichern, aber besonders auch, um sicherzustellen, daß die verschiedenen Versuchspersonengruppen hinsichtlich der Sehschärfe vergleichbar sind.

Versuchsaufbau

Die visuellen Reize, die im Experiment verwendet wurden, waren 60 dreibuchstabige Silben (CVC; Konsonant, Vokal, Konsonant). Die eine Hälfte davon waren deutsche Substantive, die andere Hälfte normale aber sinnfreie Silben der deutschen Sprache, von denen jede zwei Buchstaben mit einem der Substantive gemeinsam hatte (vgl. Anhang, Liste der Stimuli). So wie in vergleichbaren Untersuchungen von Day (1977, 1979), Shanon (1979), Bradshaw and Gates (1978) und Barry (1981) war auch für diese Reize die Sprachhäufigkeit kontrolliert, allerdings im Gegensatz zu den früheren Untersuchungen nicht nur für Wörter, sondern auch für die sinnfreien Silben. Die Hälfte der Wörter und die Hälfte der Silben sind sehr gebräuchlich in der deutschen Sprache, die andere Hälfte sehr ungebräuchlich. Die Gebräuchlichkeit wurde, da für das Deutsche nicht wie z.B. für das Englische brauchbare Normen publiziert vorliegen, in einer Voruntersuchung von Kolbert (1984) ermittelt. Darin mußten 50

Studenten (25 Männer, 25 Frauen) auf einer Skala von 1(sehr selten) bis 5 (sehr oft) einstufen, wie oft sie ihrer Meinung nach eine große Anzahl von vorgegebenen dreibuchstabigen Wörtern und sinnfreien Silben in der deutschen Sprache gebraucht, gehört oder gelesen hatten. Basierend auf diesen Angaben wurden vier Listen von je 15 extrem gebräuchlichen und extrem ungebräuchlichen Wörtern und Silben gebildet. Mit diesen Reizen wurden, in Letraset Großbuchstaben (No 454, Folio Medium Extended), weiß auf schwarzem Grund, Dias angefertigt. Die Schrift war so angeordnet, daß von oben nach unten gelesen werden mußte, um "left-to-right-scanning tendencies" zu vermeiden, die das rechte visuelle Feld bevorteilen würden. Die Reize nahmen einen visuellen Winkel von 0.3° horizontal und 1.26° vertikal ein. Der zweite Buchstabe von jedem Wort oder jeder Silbe war so plaziert, daß er auf der horizontalen Mittellinie auf Höhe des Fixationspunktes lag, der von einem anderen Projektor aus durch einen halbdurchlässigen Spiegel projiziert wurde. Der Abstand zwischen Fixationszeichen (einem kleinen zentralen weißen Kreuz) und der inneren Kante der Stimuli betrug 2.5° Sehwinkel.

Versuchsdurchführung

Jede Versuchsperson mußte am Anfang der Sitzung zunächst den Sehtest absolvieren, eine deutsche Version des Oldfield Händigkeitsfragebogens (Oldfield, 1969) ausfüllen und zusätzlich die Frage nach dem bevorzugten Fuß (einen Ball wegtreten) und Auge (mit welchem Auge durch den Sucher einer Kamera sehen) beantworten. Zusätzlich nahmen die Versuchspersonen an einem "verbal fluency"-Test teil, der aber, wie die Analyse der Ergebnisse zeigte, nicht mit den experimentellen Ergebnissen korrellierte und deshalb hier auch nicht weiter erwähnt werden soll (vgl Heister, 1982).

Beim Tachistoskop-Experiment erhielten alle Versuchspersonen zunächst die Möglichkeit zu 20 Übungsreaktionen ohne Diaprojektion (auf das verbale Kommando "Wort" oder "Silbe" hin), nur um sich daran gewöhnen zu können, die jeweils korrekte Antworttaste zu drücken, dann zwanzig Übungsdias und anschließend die 120 experimentellen Darbietungen.

Die verbalen Reize der Übungsdias waren ähnlich, aber nicht identisch mit denen, die im Experiment verwendet wurden.

Die Versuchspersonen saßen, den Kopf in einer Kinn-Stirn-Stütze, und blickten auf einen Transparentschirm. Ihre Arme lagen seitlich auf dem Tisch auf, und bei der Reaktion wurden nur Zeige oder Mittelfinger bewegt. Alle Versuchsteilnehmer waren instruiert, auf die Warnung "Achtung" hin das Fixationskreuz auf dem Schirm zu fixieren und dann, auf die unmittelbar darauf folgende Reizdarbietung hin, so schnell und so korrekt wie möglich zu entscheiden, ob es sich um ein Wort oder um eine sinnfreie Silbe gehandelt hat. Die Antwort wurde dadurch gegeben, daß eine von zwei Morsetasten mit Zeige- oder Mittelfinger einer Hand gedrückt wurde. Die Hälfte der Versuchspersonen drückte die linke Taste, um eine "Wort-Antwort" zu geben und die rechte für eine "sinnfreie Silbe", und die andere Hälfte umgekehrt. 8 der 16 Männer und 8 der 16 Frauen reagierten nur mit der rechten Hand und die übrigen Versuchspersonen mit der linken. Die 60 verschiedenen Stimuli wurden jeder Versuchsperson zweimal dargeboten, einmal in jedem visuellen Feld. Die Dias waren in zwei Blöcken arrangiert, in jedem Block erschien die Hälfte der Stimuli im rechten und die andere Hälfte im linken visuellen Feld, und die Reize waren jeweils zur Hälfte Wörter und zur Hälfte sinnfreie Silben. Die Hälfte jeder Versuchspersonengruppe erhielt zunächst Block 1 und nach einer kurzen Pause Block 2 und die andere Hälfte umgekehrt. Innerhalb der Blöcke waren die Reize zufällig angeordnet, wobei allerdings ausgeschlossen wurde, daß häufiger als 4 mal ein Reiz im selben visuellen Feld hintereinander auftrat.

Die Reize wurden mit einem ZAK-Zweikanal-Tachistoskop dargeboten und leuchteten für 125 msec auf dem Schirm auf, kurz nach der Vorwarnung zu fixieren. Die Darbietungszeit wurde nach einem Vorversuch so festgesetzt. Sie ist kurz genug, um Augenbewegungen auszuschließen, und dabei lang genug, um noch genügend richtige Antworten zu erlauben. Ein elek-

tronischer Zeitnehmer war mit dem Tachistoskop und den Reaktionstasten verbunden und so eingestellt, daß er beim Anfang der Stimulusdarbietung mit der Reaktionszeitmessung startete und durch die Reaktion der Versuchsperson gestoppt wurde. Die Reaktionszeit in Millisekunden und die Trefferzahl (Zahl der korrekten Antworten) wurde aufgezeichnet. Insgesamt dauerte jede Sitzung ungefähr 45 Minuten.

4.1.3 Ergebnisse

Es wurden Varianzanalysen berechnet für die Mediane der Reaktionszeiten der korrekten Antworten und für die Trefferraten mit Geschlecht, Hand, visuellem Feld (rechts/links), Stimulus-Kategorie (Wort/sinnfreie Silbe, auch als "Bedeutungshaltigkeit" oder "lexikalische Kategorie" bezeichnet) und Gebräuchlichkeit (hoch/niedrig) als Faktoren, alle mit Meßwiederholungen, ausgenommen die beiden ersten Faktoren. Alle Analysen (auch die der folgenden Experimente) wurden mit Hilfe des entsprechenden BMDP-Computer-Programms auf der TR440 des Rechenzentrums der Universität Konstanz durchgeführt (Dixon, 1977). Der Compound-Symmetry-Test zur Prüfung der Homogenität der Varianzen wurde bei keiner der Analysen signifikant (Dixon, 1977, S. 570).

Antwortlatenzen (Reaktionszeiten)

Die Analyse der Antwortlatenzen zeigte keine signifikanten Haupteffekte für Geschlecht und reagierende Hand, obwohl die Reaktionszeiten der Frauen insgesamt 125 msec schneller waren als die der Männer, $F(1,28) = 1.59$, $p = 0.22$, und die links reagierenden Versuchspersonen 109 msec schneller waren als die rechts reagierenden, $F(1,28) = 1.27$, $p = 0.27$ (vgl. Tabelle 1, Anhang). Die Reaktionszeiten waren auch etwas schneller bei Darbietungen im rechten Feld, $F(1,28) = 2.36$, $p = 0.14$, und diese Tendenz war für Männer etwas stärker ausgeprägt als für Frauen, $F_{♂}(1,14) = 2.15$, $p = 0.16$, aber keiner dieser Unterschiede wurde signifikant.
Ein Vergleich der Zusammenhänge der Variablen Stimulus-Kate-

gorie, visuelles Feld und Geschlecht zeigt zunächst einen hoch signifikanten Unterschied zwischen den Reaktionszeiten, die auf Wörter und denen, die auf sinnfreie Silben hin erfolgten, $F(1,28) = 27.11$, $p < 0.0001$, mit deutlich schnelleren Reaktionen auf Wörter. Wie zu erwarten, waren die Reaktionszeiten auch signifikant schneller bei gebräuchlichen sprachlichen Reizen als bei ungebräuchlichen, $F(1,28) = 24.10$, $p < 0.0001$. Dieser Effekt war allerdings größtenteils durch den Einfluß den die Gebräuchlichkeit auf die Verarbeitung von Wörtern hat, bedingt, wie die signifikante Interaktion für lexikalische Kategorie und Gebräuchlichkeit zeigt, $F(1,28) = 13.81$, $p < 0.001$ (vgl. Abb. 1). Interessant ist in diesem Zusammenhang die Tendenz, wenig gebräuchliche sinnfreie Silben bei Darbietung im linken visuellen Feld schneller zu erkennen, die für Männer und Frauen auftrat, während die anderen drei Stimulus Kategorien, wie erwartet, schneller im rechten visuellen Feld erkannt wurden (vgl. Abb. 1). Allerdings war die Interaktion visuelles Feld x Gebräuchlichkeit x Stimulus-Kategorie gerade eben nicht signifikant, $F(1,28) = 3.87$, $p < 0.06$.

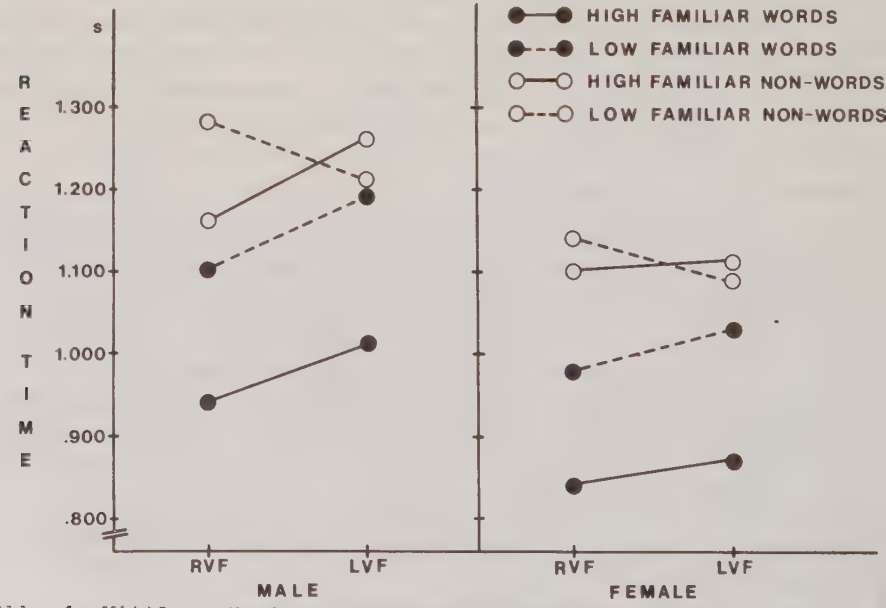

Abb. 1: Mittlere Mediane der Reaktionszeiten für die verschiedenen Stimulus Kategorien bei Darbietung im rechten (RVF) und linken (LVF) visuellen Feld.

Wenn man die Beziehungen der Variablen visuelles Feld, Geschlecht und reagierende Hand betrachtet, zeigt sich eine signifikante Interaktion, $F(1,23) = 4.77$, $p < 0.05$, d.h. Männer reagierten mit der rechten Hand schneller auf Reize im rechten visuellen Feld und mit der linken schneller auf Reize im linken Feld, während Frauen mit der linken Hand auf Reize aus dem rechten Feld schneller reagierten und mit der rechten nahezu keine Asymmetrie zeigten (vgl. Abb. 2). Getrennte Varianzanalysen für die Daten von Männern und Frauen zeigten für Männer eine signifikante Feld x Hand Interaktion, $F(1,14) = 5.32$, $p < 0.05$, nicht so für Frauen, $F(1,14) = 0.19$, $p = 0.67$.

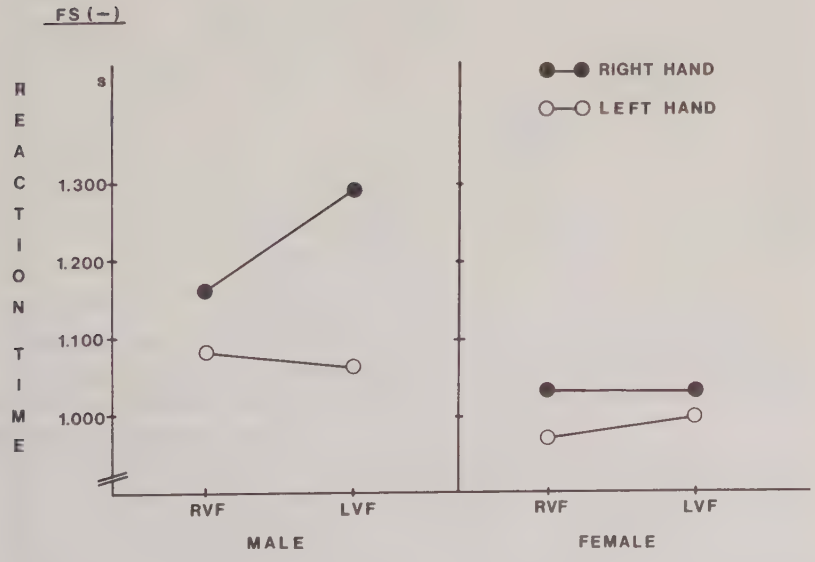

Abb. 2: Mittlere Mediane der Reaktionszeiten für rechts und links reagierende Männer und Frauen bei Darbietung im rechten (RVF) und linken (LVF) visuellen Feld.

Korrektheit der Antworten (Treffer)

Den Ergebnissen der Reaktionszeiten vergleichbar wurde auch bei der Analyse der Treffer der Haupteffekt Geschlecht nicht signifikant, $F(1,28) = 3.53$, $p = 0.07$, obwohl Frauen insgesamt etwas mehr richtige Antworten gaben als Männer (vgl. Abb. 3). Für Männer und Frauen zusammen trat ein signifikanter Feldeffekt auf, $F(1,28) = 13.32$, $p < 0.001$; 14 der 16 Männer und 12 der 16 Frauen gaben mehr richtige Antworten bei Darbietung im rechten visuellen Feld (vgl. Tab. 2, Anhang).

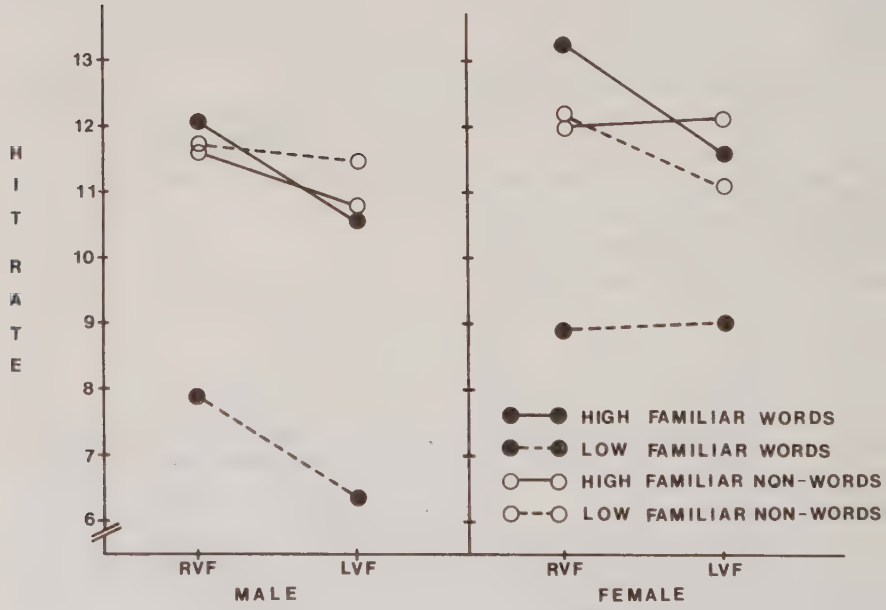

Abb. 3: Mittlere Trefferzahl für die verschiedenen Stimulus-Kategorien bei Darbietung im rechten (RVF) und linken (LVF) visuellen Feld, gemittelt über rechts und links reagierende Versuchspersonengruppen.

Es trat ein signifikanter Haupteffekt für die Faktoren Stimulus-Kategorie, $F(1,28) = 14.82$, $p < 0.001$, und Gebräuchlichkeit, $F(1,28) = 55.15$, $p = 0.0000$, auf, d.h. es wurden mehr Wörter fälschlicherweise als Silben bezeichnet und insgesamt mehr richtige Antworten bei hoch vertrautem sprachlichem Material gegeben. Diese Effekte sind hauptsächlich darauf zurückzuführen, daß die meisten Fehler bei seltenen Wörtern gemacht wurden (vgl. Abb. 3); die Interaktion zwischen den Faktoren Stimulus-Kategorie und Gebräuchlichkeit war signifikant, $F(1,28) = 95.86$, $p = 0.0000$. Bezüglich dieser Interaktion trat ein Geschlechtsunterschied auf, $F(1,28) = 4.15$, $p < 0.05$; sie war für Männer etwas stärker ausgeprägt als für Frauen (vgl. Abb. 3).
Bezüglich der Asymmetrie der Reizverarbeitung zeigte sich eine signifikante Interaktion zwischen Stimulus-Kategorie, Gebräuchlichkeit und visuellem Feld, $F(1,28) = 4.29$, $p < 0.05$, und zwischen diesen drei Variablen und Geschlecht, $F(1,28) = 10.18$, $p < 0.01$. Getrennte Varianzanalysen für die Daten von Männern und Frauen zeigten, daß diese Ergebnisse im wesentlichen durch die weibliche Stichprobe zustande kamen, für die die Interaktion zwischen Stimulus-Kategorie, Gebräuchlichkeit und visuellem Feld signifikant war, $F(1,14) = 13.62$, $p < 0.01$, d.h., während Männer alle vier Stimulus Kategorien im rechten visuellen Feld besser verarbeiteten, trat dies für Frauen nur bei sehr gebräuchlichen Wörtern und bei wenig gebräuchlichen sinnfreien Silben auf; wenig gebräuchliche Wörter und sehr gebräuchliche Silben verarbeiteten sie etwas besser, wenn sie im linken visuellen Feld dargeboten wurden (vgl. Abb. 3).

Wenn man die reagierende Hand als Variable berücksichtigt, zeigt sich, daß sowohl der Haupeffekt, $F(1,28) = 0.07$, $p = 0.80$, als auch die Interaktion zwischen Hand und visuellem Feld, $F(1,28) = 0.06$, $p = 0.80$, weit entfrent von einem adäquaten Signifikanzniveau sind, d.h. sowohl das gesamte Leistungsniveau als auch die Asymmetrie der Verarbeitung

waren für die vier Versuchspersonengruppen sehr ähnlich. Die Rechtsfeldüberlegenheit trat auf bei denen, die mit der rechten Hand reagierten, und bei denen, die mit der linken reagierten (vgl. Abb. 4).

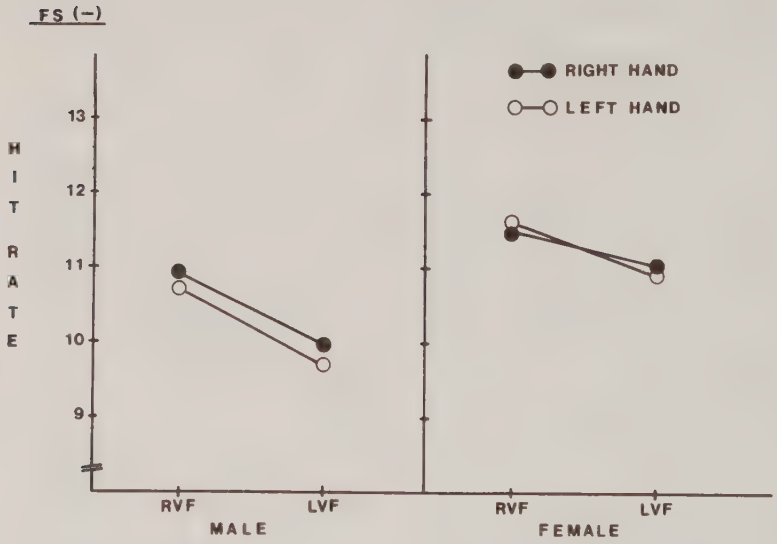

Abb. 4: Mittlere Trefferzahl pro Stimulus-Kategorie für rechts und links reagierende Männer und Frauen bei Darbietung im rechten (RVF) und linken (LVF) visuellen Feld.

Reaktionszeiten und Trefferraten in der ersten und zweiten Hälfte des Experiments

In einer zusätzlichen Varianzanalyse wurden die Ergebnisse der jeweils ersten und zweiten Experimenthälfte verglichen. Dazu wurden für die Reaktionszeiten jeder Versuchsperson vier Mediane gebildet (Reaktionen auf Darbietungen im rechten bzw. linken visuellen Feld in der ersten und zweiten Experimenthälfte) über die dann die Varianzanalysen berechnet wurden. Entsprechend wurde auch mit den Trefferquoten verfahren (mittlere Trefferzahl für rechtes und linkes Feld in der ersten und zweiten Experimenthälfte), d.h. auch hier wurde auf eine Unterscheidung zwischen den verschiedenen Stimulus-Kategorien verzichtet, da sonst die Zahl der jeweiligen Messungen für einen Vergleich der beiden Experimenthälften zu gering gewesen wäre (vgl. Tab. 3 u. 4, Anhang). Die Analyse der Reaktionszeiten zeigte, daß insgesamt in der zweiten Experimenthälfte die Reaktionen 135 msec schneller waren als in der ersten, $F(1,28) = 34.24$, $p < 0.0001$, was vermutlich auf einen allgemeinen Übungseffekt zurückzuführen ist. Entgegen der Annahme Shanon's, daß eine Steigerung der Asymmetrie im Laufe des Experimentes auftrete, zeigte sich bei den Männern eine Tendenz zur Reduktion der Feld - Hand Asymmetrie und bei den Frauen eine Tendenz zur Umkehrung der Asymmetrie in die 'paradoxe' Richtung (vgl. Abb. 5). Die Interaktion zwischen visuellem Feld, reagierender Hand und Experimenthälfte war jedoch nicht signifikant, $F(1,28) = 3.09$, $p = 0.09$. Alle anderen Ergebnisse dieser Analyse entsprachen denen der Varianzanalyse für die beiden Experimenthälften zusammengefaßt, wie oben dargestellt.

Auch die Analyse der Trefferquoten zeigte einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Experimenthälfte, $F(1,28) = 8.86$, $p < 0.01$, d.h., es wurden mehr Fehler in der ersten Hälfte gemacht. Interessanterweise bestand eine Tendenz zur Interaktion zwischen Geschlecht, visuellem Feld und Experimenthälfte, $F(1,28) = 2.86$, $p = 0.1$, worin sich äußert, daß

eine signifikante Reduktion der Asymmetrie von der ersten zur zweiten Experimenthälfte für Männer auftrat, $F(1,14) = 4.96$, $p < 0.05$, nicht aber für Frauen, $F(1,14) = 0.11$, $p = 0.74$ (vgl. Abb. 6).

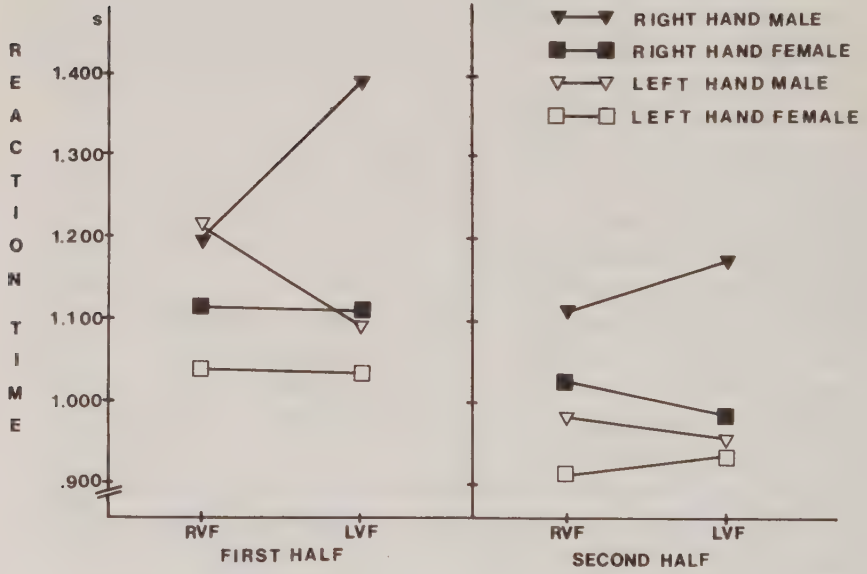

Abb. 5: Mittlere Mediane der Reaktionszeiten bei Darbietungen im rechten (RVF) und linken (LVF) visuellen Feld für rechts bzw. links reagierende Männer und Frauen in der ersten und zweiten Experimenthälfte

Darüberhinaus zeigte sich eine unerwartete Interaktion zwischen Experimenthälfte, Hand und Geschlecht, $F(1,28) = 5.36$, $p < 0.05$, die hauptsächlich dadurch bedingt ist, daß die

Zahl der Treffer bei den mit der rechten Hand reagierenden Männern von der ersten zur zweiten Hälfte deutlich ansteigt. Die Interaktion zwischen Experimenthälfte und reagierender Hand wurde in getrennten Varianzanalysen für Männer signifikant, $F(1,14) = 6.95$, $p < 0.05$, für Frauen aber nicht, $F(1,14) = 0.80$, $p = 0.39$ (vgl. Abb. 6).

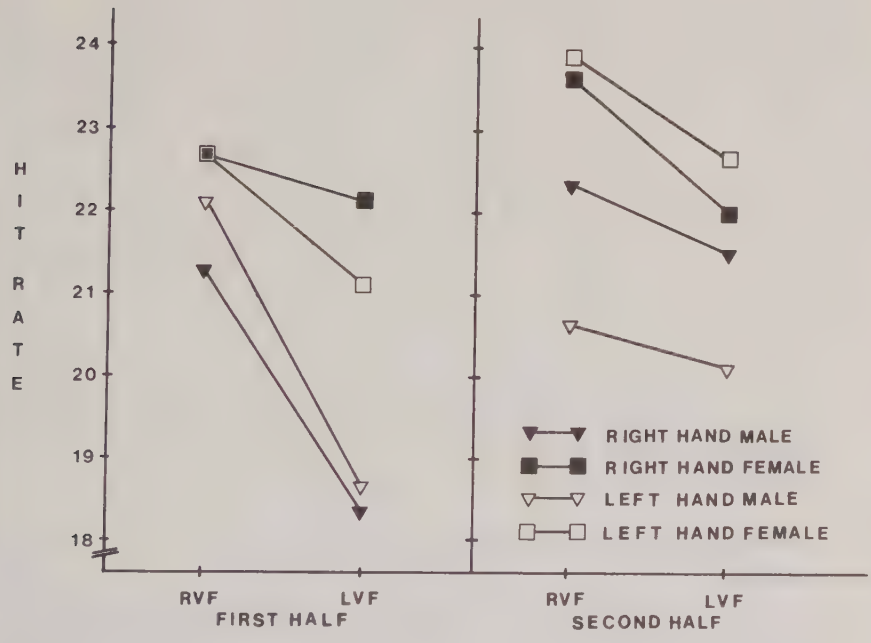

Abb. 6: Mittlere Trefferraten bei Darbietungen im rechten (RVF) und linken (LVF) visuellen Feld für rechts bzw. links reagierende Männer und Frauen in der ersten und zweiten Experimenthälfte

4.1.4. Diskussion

Die wesentlichen Fragen dieses Experimentes waren, ob eine Verarbeitungsasymmetrie auftritt, ob die reagierende Hand von Einfluß ist und ob sich Männer und Frauen bezüglich der Asymmetrie unterscheiden. Zusätzlich wurde untersucht, ob sich die Feldüberlegenheit von der ersten zur zweiten Experimenthälfte verändert. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen: Hinsichtlich der Reaktionszeitasymmetrie trat ein Geschlechtsunterschied auf, der darin bestand, daß Männer eine signifikante Feld x Hand Interaktion zeigten und Frauen nicht, d.h. Männer reagierten mit der rechten Hand schneller auf Reize aus dem rechten visuellen Feld und mit der linken schneller auf Reize aus dem linken. Männer und Frauen waren dagegen hinsichtlich der Korrektheit ihrer Antworten bei Darbietungen im rechten visuellen Feld besser, unabhängig davon, ob sie mit der rechten oder linken Hand reagierten. Entgegen der Annahme Shanon's (1979) trat von der ersten zur zweiten Experimenthälfte bei den Männern für die Reaktionszeit eine Tendenz zum Abflachen der Asymmetrie auf und für die Treffer sogar eine signifikante Minderung der Asymmetrie; für Frauen zeigte sich dagegen eine Tendenz zur Steigerung der Asymmetrie.

Effekte der Stimulus-Kategorien und allgemeine Geschlechtsunterschiede

In der vorliegenden Untersuchung wurden Wörter signifikant schneller klassifiziert als Nicht-Wörter, was den Ergebnissen von vielen anderen Autoren (z.B. Bradshaw & Gates, 1978; Barry, 1981) entspricht. Bei Wörtern wurden aber mehr Fehler gemacht als bei Nicht-Wörtern, da man die seltenen Wörter häufiger falsch klassifizierte. Auch das stimmt mit Ergebnissen von Bradshaw & Gates (1981, Exp. 1) überein.

Wenn man pro Geschlecht die Reaktionszeit-Daten der rechts und links tastenden Gruppe zusammenfaßt, ergibt sich ein sehr ähnliches Bild für Männer und Frauen (Abb. 1) mit Anzeichen einer geringeren Asymmetrie für Frauen. Bezüglich der Treffer ergibt sich aber hinsichtlich der Asymmetrie der einzelnen Reizkategorien ein unterschiedliches Muster (Abb. 2).

Das Reaktionszeitmuster stimmt sehr gut mit dem überein, das Bradshaw & Gates (1978, Exp. 1) bei einer lexikalischen Entscheidung, allerdings mit beidhändiger Reaktion und waagerechter Darbietung gefunden haben. In dieser Arbeit war nur bei den Wörtern die Frequenz kontrolliert und nicht auch bei den Nicht-Wörtern, wie in der vorliegenden Untersuchung. Es ergab sich eine Asymmetrie bei den Wörtern und keine Asymmetrie bei den Nicht-Wörtern. Bisher haben schon mehrere Arbeiten größere Asymmetrie für Wörter als für Nicht-Wörter gefunden (Day, 1977, 1979; Bradshaw & Gates, 1978). Nur Barry (1981) fand bei lexikalischer Entscheidung, allerdings mit waagerechter Reizdarbietung, einen overall Rechtseffekt, der sich nicht signifikant in Abhängigkeit vom Stimulus-Typ und auch nicht in Abhängigkeit von der reagierenden Hand (hier nicht Zwei-Finger-Wahl-Reaktion, sondern Bewegen eines Schiebers zwischen Daumen und Zeigefinger) veränderte. Man könnte dieses Ergebnis auch als Effekt der waagerechten Reizdarbietung, die das rechte Feld generell bevorzugt, ansehen.

In der vorliegenden Untersuchung waren Frauen etwas schneller und besser als Männer; der Unterschied wurde allerdings nicht signifikant. Man könnte in dieser Tendenz einen Ausdruck der häufig vermuteten sprachlichen Überlegenheit von Frauen sehen. Es gibt eine Reihe von Untersuchungen, die zeigen, daß bei einfachen Reaktionszeiten Männer schneller sind als Frauen (eine Übersicht bietet Welford, 1980). Bei Experimenten zur Sprachlateralisierung tendieren Frauen aber oft zu kürzeren Reaktionszeiten (und/oder besseren Leistungen) (z.B. Bradshaw et al., 1976), was wohl auch dann bedeutsam ist, wenn der Geschlechtsunterschied wie in diesem Experiment nicht signifikant wird, da ja bei einfachen Reaktionszeiten ein Unterschied in umgekehrter Richtung vorliegt. Eine Ausnahme bei den Lateralisierungsexperimenten ist diesbezüglich

allerdings wieder die Untersuchung von Barry (1981). Hier waren die Männer signifikant schneller, machten aber zugleich auch mehr Fehler als Frauen, was auf einen "speed-accuracy trade off" hinweist.

Zusammenhänge zwischen Verarbeitungsasymmetrie, reagierender Hand und Geschlecht

Es traten nicht nur signifikante Effekte für Gebräuchlichkeit und Stimuluskategorie auf, sondern auch Feldeffekte bzw. Interaktionen mit dem Darbietungsfeld, was gewöhnlich als Indikator für lateralisierte Verarbeitung interpretiert wird. Diese Ergebnisse sind speziell im Zusammenhang mit denen von Shanon (1979) interessant. Er hatte, wie auch viele andere Autoren in letzter Zeit (Day, 1977, 1979; Babkoff et al.,1980;Moscovitch,1976) die Methode der unimanuellen Reaktionszeitmessung angewandt, von der man sich im Gegensatz zur bloßen "accuracy" oder bimanuellen Reaktionszeit eine präzisere Information über den zerebralen Ort der Verarbeitung verspricht. In der Regel wurde bei solchen Experimenten eine signifikante Asymmetrie gefunden. Nicht so bei Shanon (1979), der daher vermutet, daß bei anderen Experimenten nur deshalb ein Rechtsfeldeffekt aufgetreten ist, weil die Sprachreize waagerecht dargeboten wurden, was das rechte Feld bevorteilt. Aber auch in unserer Untersuchung trat, allerdings mit anderen Sprachreizen, trotz der senkrechten Reizdarbietung eine Asymmetrie auf (wie auch bei Day, 1977). Shanon (1979) vermutet nun, in Anlehnung an Hardyck (1977), daß auch die Länge des Experiments bzw. die Vertrautheit der Versuchsperson mit den Reizen einen Effekt auf die Asymmetrie hat. Er nimmt an, daß das Fehlen einer Asymmetrie in seinen Experimenten damit zusammenhängt, daß er nur 32 Reize ohne Reizwiederholung pro Feld dargeboten hat, während Day viermal so viele Reize verwendete. Der erste Teil unseres Experiments stimmt diesbezüglich gut mit Shanons Untersuchung überein (30 Darbietungen pro Feld ohne Reizwiederholung). Entgegen der Vermutung von Shanon (1979) kam aber in unserer Untersuchung nicht nur eine signifikante Asymmetrie sowohl in den Reaktionszeiten als auch bei den Treffern vor, sondern die Asymmetrie trat sogar schon in der ersten Experimenthälfte auf und war, zu-

mindest bei den Männern (und Shanon arbeitete nur mit männlichen Versuchspersonen) in der ersten Experimenthälfte größer (allerdings nicht signifikant größer) als in der zweiten. Das Ergebnis stimmt überein mit Befunden von Lazarus-Mainka & Lazarus (1978) und Bradshaw & Gates (1978, Exp. 1), die auch einen allgemeinen Übungseffekt in der zweiten Experiment-Hälfte aufzeigten. Auch bei Lazarus-Mainka & Lazarus (1978) kam es zu einem Abflachen der Asymmetrie (bei Männern), während bei Bradshaw & Gates (1978) die Asymmetrie bei Männern erhalten blieb und bei Frauen erst in der zweiten Experimenthälfte auftrat. Hierbei muß man allerdings berücksichtigen, daß dieses Experiment insgesamt aus 576 Items bestand und jeder Reiz viermal wiederholt wurde, so daß es also mit dem Experiment von Shanon und dem vorliegenden in der Länge nicht vergleichbar ist. Außerdem lassen Bradshaw & Gates (1978) die Versuchspersonen grundsätzlich mit beiden Händen gleichzeitig reagieren, wodurch der Ort der zerebralen Bewegungsauslösung unklar bleibt. Bisher waren bei den Untersuchungen zur Veränderung der Asymmetrie immer Länge des Experiments (Itemzahl) und Häufigkeit der Reizwiederholung konfundiert. Es wäre interessant, den Einfluß dieser beiden Faktoren auf die Asymmetrieänderung einmal getrennt zu untersuchen.

Die Reaktionszeiten waren bei Männern und Frauen mit der linken Hand etwas schneller als mit der rechten. Wenn dieser Unterschied auch nicht signifikant ist, so ist er doch bemerkenswert, da er häufig bei Experimenten zur Sprachlateralisierung vorkam (z.B. Shanon, 1979; Day, 1979) und in der Richtung gegenintuitiv ist, d.h., man würde bei Rechtshändern, wenn überhaupt, dann eher einen Vorteil der rechten Hand erwarten. Über die Ursache kann man zunächst zur spekulieren. Da aber bei Experimenten zur lateralen Verarbeitung nonverbaler Reize eine umgekehrte Tendenz beobachtbar ist (z.B. Strauss & Moscovitch, 1981), könnte man vermuten, daß ein generalisierter "overload"-Effekt darin zum Ausdruck kommt, d.h. daß die jeweils zur stärker an der kognitiven Verarbeitung beteiligten Hemisphäre kontralaterale Hand schneller ist.

In der vorliegenden Untersuchung trat in der Reaktionszeit bei den Frauen keine Asymmetrie auf bzw. in der zweiten Experimenthälfte sogar eine Tendenz zur paradoxen Asymmetrie, d.h., Reaktionen mit der rechten Hand waren schneller bei Linksfelddarbietungen und mit der linken Hand bei Rechtsfelddarbietungen. Dieses Muster entspricht einer beginnenden kognitiv/motorischen Interferenz ("overload"), wie sie vom Cerebral-Space-Modell (vgl. Kap. 3.5) ableitbar ist. Bei den Männern unterschied sich die Gruppe, die mit der linken Hand reagierte, signifikant in der Reaktionszeitasymmetrie von der, die mit der rechten Hand antwortete, obwohl beide in der accuracy die gleiche Rechtsfeldüberlegenheit aufwiesen. Ein entsprechendes Ergebnis, d.h. schnellere Reaktionen mit der dem Darbietungsfeld kongruenten Hand fanden auch Day (1977, Exp. 1) und Mayes (1982). Mann könnte dieses Ergebnis nach der "direct access hypothesis" interpretieren, d.h. die Reize werden in der Hemisphäre verarbeitet, in der die Information auf direktem Wege ankommt. Aus der Reaktionszeitasymmetrie würde man dann auf den Ort der Verarbeitung schließen, aus der "accuracy"-Asymmetrie auf die Leistungsfähigkeit der Hemisphären. Man würde demnach das Ergebnis der "linkstastenden" Männer so verstehen, daß die Reize aus dem linken Feld in der rechten Hemisphäre verarbeitet wurden (schnellere Reaktionszeit auf Rechtsfeld- als auf Linksfelddarbietung), aber mit geringerem Erfolg als die aus dem rechten Feld (wegen der geringeren Sprachverarbeitungskapazität der rechten Hemisphäre), was sich in der Rechtsfeldüberlegenheit bezüglich der Treffer äußert. Es wäre außerdem möglich, daß ein "S-R compatibility effect" vorliegt bzw. zusätzlich aufaddiert ist. Dazu gibt es bisher noch keine Untersuchungen außer der eigenen (Heister, 1985; Heister & Schroeder-Heister, 1985). Auffallend ist aber, daß sich nicht nur die rechts und links tastenden Männer signifikant in der Asymmetrie unterscheiden, sondern daß sie sich extrem in den Reaktionszeiten auf Reize aus dem linken visuellen Feld unterscheiden, während die Reaktionszeiten auf Reize aus dem rechten Feld ähnlich sind. Und in dieser Differenz unterscheiden sich Männer und Frauen, so daß man sagen könnte, daß der Geschlechtsunterschied in den Reaktionszeiten durch Unterschiede im Funktionieren der rech-

ten Hemisphäre bedingt ist. Da dieses Ergebnis keine Entsprechung in den 'accuracy'-Daten hat, ist zu vermuten, daß Motorik-Einflüsse hierbei eine Rolle spielen.

Es stellt sich also die Frage, ob man einfach, wie bisher üblich, Reaktionszeit- und Trefferasymmetrie gleichermaßen als Indikator für Sprachlateralisierung ansehen kann, oder ob nicht vielmehr zumindest die Reaktionszeit-Asymmetrie durch motorische Effekte mitbeeinflußt ist. Darauf wären eventuell die heterogenen Ergebnisse bei Tachistoskopexperimenten, die ja bisher die Antwortmodalität nicht beachteten, und das Auftreten oder Fehlen von Geschlechtsunterschieden zurückzuführen.

Die vorliegende Untersuchung zeigt nun, daß der Feldeffekt bei häufig und selten verwendeten Silben umgekehrt ist, und zwar sowohl bei Männern als auch bei Frauen (Abb. 1). Dieses Ergebnis hat bisher keine Parallele in der Literatur, da bisher sinnlose Silben nicht häufigkeitskontrolliert waren. Gemittelt über häufige und seltene Silben ergibt sich aber ein ähnliches Ergebnis wie bei Bradshaw & Gates (1978, Exp. 1). Dieser Effekt scheint mir, obwohl das Ergebnis gerade eben das 5%-Signifikanzniveau verfehlte, bedeutsam, da er in den folgenden Experimenten repliziert werden konnte.

Bezüglich der Treffer trat sowohl bei Männern als auch bei Frauen eine signifikante Rechtsfeldüberlegenheit auf. Bei den Frauen bestand eine Tendenz zur geringeren Asymmetrie, was Ergebnissen anderer Autoren (z.B. Bradshaw & Gates, 1978; Lake & Bryden, 1976) und der heute vorherrschenden Meinung "of less complete lateralization of adult females" entspricht. Es handelt sich bei diesem Geschlechtsunterschied allerdings nur um einen Trend. Bezüglich der asymmetrischen Verarbeitung der einzelnen Reizarten unterschieden sich Frauen und Männer signifikant. Bei den Männern bestand für alle Reizarten eine Tendenz zur Rechtsfeldüberlegenheit, während diese bei Frauen nur für häufige Wörter und seltene Silben auftrat. Bei seltenen Wörtern und häufigen Silben bestand für sie sogar eine leichte Tendenz zur Linksfeldüberlegenheit. Dieses Ergebnis ist schwer zu interpretieren und müßte natürlich,

da bisher ohne Parallele und ohne Entsprechung in den Reaktionszeiten, zunächst einmal repliziert werden. Aber anscheinend verarbeiten Frauen die beiden Reizklassen, die man möglicherweise am ehesten verwechseln kann (seltene Wörter und häufige Silben), nicht asymmetrisch. Bei den häufigen Wörtern und seltenen Silben ist vermutlich die subjektive Sicherheit, sie korrekt als Wörter bzw. sinnlose Silben zu klassifizieren, größer, als bei seltenen Wörtern und häufigen Nicht-Wörtern. Möglicherweise fungiert die rechte Hemisphäre hier als "Reserve-Prozessor" bei schwierigen Entscheidungen.

Vergleich zwischen erster und zweiter Experimenthälfte

Männer und Frauen werden in der zweiten Experiment-Hälfte in der Leistung etwas besser. Der Unterschied ist aber nur bei den Männern und hier speziell bei den mit der rechten Hand reagierenden signifikant. Diese Verbesserung war hauptsächlich durch eine signifikante Leistungssteigerung bei Linksfelddarbietungen in der zweiten Experimenthälfte bedingt. Die Variabilität kommt auch hier wieder durch die rechte Hemisphäre der Männer zustande, und auch der Geschlechtsunterschied, in diesem Fall die signifikante Experimenthälfte x Geschlecht x Hand - Interaktion ist durch den Unterschied im Funktionieren der rechten Hemisphäre bedingt. Bei den Männern trat von der ersten zur zweiten Experimenthälfte eine Tendenz zum Abflachen der Asymmetrie auf, bei den Frauen dagegen eine nichtsignifikante Steigerung. Dieses Ergebnis entspricht dem von Bradshaw & Gates (1978, Exp. 1); die Geschlechter scheinen sich besonders in der ersten Experimenthälfte mit noch unvertrauten Reizen in der Asymmetrie zu unterscheiden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß dieses "Ausgangsexperiment" signifikante Felduntersch iede und außerdem Geschlechtsunterschiede erbrachte, sogar, entgegen der Vermutung Shanons, schon bzw. gerade in der ersten Experimenthälfte. Wenn Shanon anhand lexikalischer Entscheidungen bei häufigkeitskontrolliertem senkrecht dargebotenem Material keine Asymmetrie gefunden hat, könnte das, abgesehen von der möglicherweise zu geringen Zahl an Messungen oder eventuellen Effekten, von Unterschieden in phy-

sikalischen Reizeigenschaften, auch durch die gewählte Antwortmodalität (unimanuelle Reaktion, mixed) bedingt sein. Das würde übereinstimmen mit der Vermutung, daß man auch bei Reaktionszeitexperimenten das Modell von Kinsbourne (Kinsbourne & Hicks, 1978) anwenden muß, d.h., daß man durch die jeweiligen Anforderungen der Antwortmotorik bedingte "overload"-oder "facilitation"-Effekte in Betracht ziehen muß. Verschiedene oben dargestellte Aspekte unseres Experiments und auch Ergebnisse einer Arbeit von Low & Rebert (1978), in der es gerade bei der "mixed"-Bedingung zu kognitiv/motorischer Interferenz kam, weisen auf einen Einfluß der Antwortmotorik hin (zumindest für die Reaktionszeitasymmetrie), durch den auch das Auftreten von Geschlechtsunterschieden bedingt sein könnte (vgl. Low & Rebert, 1978).

Diese Hypothese wird durch die folgenden Experimente (Experiment II und III) mit gesteigerten Anforderungen an die motorische Reaktion geprüft. Doch zunächst soll eine identische Replikation des ersten Experiments an einer Stichprobe von Rechtshändern mit familiären Linkshändern referiert werden, die eine unerwartete kognitiv/motorische Interferenz bezüglich der Treffer-Asymmetrie erbrachte, was in diesem Zusammenhang als Ergänzung interessant ist.

4.2 Experiment Ia

4.2.1 Einleitung[7)]

Häufig konnte bei visueller Halbfelddarbietung sprachlicher Reize eine stärkere Asymmetrie für rechtshändige Männer nachgewiesen werden; bei Frauen und Linkshändern nimmt man gewöhnlich eine eher bilaterale Sprachrepräsentation an. Die Befunde sind aber diesbezüglich, wie bereits dargestellt, kontrovers. Neben diesen bisher berücksichtigten Subjekt-Variablen Geschlecht und Händigkeit könnte aber auch die familiäre Händigkeit Einfluß auf die Verarbeitungsasymmetrie bei visuellen Sprachreizen haben.
Schon in frühen Tachistoskop-Arbeiten berücksichtigte man die familiäre Händigkeit bei Linkshändern (Bryden, 1965; Zurif & Bryden, 1969; Higgenbottom, 1973). Linkshänder sind eine heterogene Gruppe, und der nachweisliche Effekt der familiären Händigkeit ist im Hinblick auf genetische Modelle der zerebralen Asymmetrie interessant.
Luria (1970) zeigte dann an Aphasikern, daß auch bei Rechtshändern die familiäre Händigkeit einen Einfluß auf die zerebrale Lateralisierung haben kann, daß nämlich 'reine' Rechtshänder (FS-) eine größere funktionale Spezialisierung zeigen als 'unreine' Rechtshänder (FS+). Die familiäre Händigkeit war sogar ein besserer Prädiktor der zerebralen Oragnisation als der Ausprägungsgrad der Händigkeit der Versuchspersonen. Unglücklicherweise wird in der übrigen Aphasie-Literatur die familiäre Händigkeit bei Rechtshändern meist nicht beachtet. Die Vermutung, daß familiäre Linkshänder und Linkshänder ohne linkshändige Verwandte unterschiedliche Defizite nach unilateraler Hirnschädigung haben, wurde jedoch schon von Hécaen und Sauguet (1971) belegt.
Für gesunde Versuchspersonen konnte Kraft (1981) ein entsprechendes Ergebnis wie Luria (1970) mit der Methode des dichotischen Hörens bei 6-12jährigen Jungen zeigen. Er fand signifikante Unterschiede in der Verarbeitung von verbalen und nonverbalen Reizen zwischen Gruppen mit und ohne famili-

ärer Händigkeit unabhängig von Alter und Ausprägungsgrad der Handbevorzugung der Versuchspersonen.
In letzter Zeit befaßt man sich nun nicht nur mit der Frage, ob familiäre Händigkeit Einfluß auf die Sprachlateralisierung bei Rechtshändern hat, sondern auch damit, ob dieser Effekt bei Männern und Frauen unterschiedlich ist. Mit der Methode des dichotischen Hörens konnten so schon Hinweise auf Interaktionen zwischen familiärer Händigkeit und Geschlecht nachgewiesen werden. Die Ergebnisse sind aber bisher sehr widersprüchlich. So konnten Lake und Bryden (1976) zeigen, daß Frauen mit familiärer Linkshändigkeit häufiger eine Linksohrüberlegenheit zeigten als Männer. Bei McKeever und Van Deventer (1977) hatten im dichotischen Test weder Geschlecht noch familiäre Händigkeit einen Einfluß bei den Rechtshändern, während bei Demarest und Demarest (1981) eine Interaktion auftrat. Bei ihen zeigten weniger linkshändige Frauen mit familiärer Linkshändigkeit eine Rechtsohrpräferenz als die entsprechenden Männer. Dagegen waren aber mehr rechtshändige Frauen mit familiärer Linkshändigkeit rechtsohrüberlegen als die entsprechenden rechtshändigen Männer.
Bei den frühen Tachistoskop-Experimenten wurde noch nicht auf die mögliche Interaktion zwischen familiärer Händigkeit und Geschlecht geachtet (Zurif & Bryden, 1969; Hines & Satz, 1971; Bryden, 1973; McKeever, Van Deventer & Suberi, 1973). Hanney & Malone (1976) konnten aber schon an einer Frauenstichprobe zeigen, daß bei der Gruppe ohne linkshändige Verwandte ein signifikanter Felduntersched auftrat, nicht aber bei der Gruppe mit familiärer Linkshändigkeit. Andrews (1977) bildete in seiner Untersuchung für jede Versuchsperson einen Index für die eigene Händigkeit, für die familiäre Händigkeit und für die Felddifferenz im Experiment. Es zeigte sich ein signifikanter Feldeffekt für die Verarbeitung von Trigrammen, und diese Differenz war signifikant korreliert mit der familiären Händigkeit, nicht jedoch mit dem Grad der eigenen Händigkeit der Versuchspersonen. Für Männer und Frauen traten ähnliche Korrelationen auf, allerdings

höhere für Männer. Im Tachistoskop-Experiment von McKeever & Van Deventer (1977) hatten rechtshändige Männer unabhängig von der familiären Händigkeit keine Rechtsfeldüberlegenheit, wohl aber die Frauen. Die familiäre Händigkeit war nur bei den Linkshändern von Einfluß: Die linkshändigen Gruppen ohne familiäre Linkshändigkeit zeigten keine signifikante Rechtsfeldüberlegenheit, die linkshändigen Gruppen mit linkshändigen Verwandten waren signifikant im rechten visuellen Feld besser. Insgesamt hat also diese Arbeit nicht nur keine Interaktion zwischen familiärer Händigkeit und Geschlecht erbracht, sondern überhaupt 'paradoxe' Ergebnisse, jeweils entgegen der Erwartung. Auch Piazza (1980) führte neben einem Experiment mit dichotischem Hören, das die erwartungsgemäßen Effekte für familiäre Händigkeit und Geschlecht zeigte, auch ein Tachistoskop-Experiment durch, in dem sich allerdings keinerlei signifikante Differenz und so auch kein Unterschied zwischen Geschlechts- und familiären Händigkeitsgruppen ergab.

Die bisherigen Befunde zur Frage des Einflusses von familiärer Händigkeit und Geschlecht auf die Asymmetrie bei visueller Halbfelddarbietung sind also äußerst kontrovers. Das könnte bei diesen bisher durchgeführten visuellen Halbfeldstudien damit zusammenhängen, daß meist 'letter recognition' gefordert wurde, also eine nicht gerade anspruchsvolle Sprachverarbeitungsaufgabe, so daß möglicherweise Unterschiede in der Hemisphärenspezialisierung nicht klar zum Ausdruck kommen konnten (vgl. das Konzept der Resourcen-Aktivierung, Friedman, Polson, Defoe & Gaskill, 1982). Darüberhinaus war bei diesen Arbeiten zur familiären Händigkeit und Geschlecht die abhängige Variable immer nur die Korrektheit (Treffer). In neueren Halbfeldstudien, die allerdings nicht die familiäre Händigkeit berücksichtigten, wird dagegen immer häufiger die manuelle Reaktionszeit als Indikator für Sprachlateralisierung angesehen, da man sich von dieser Methode eine präzisere Information über den Ort der Reizverarbeitung verspricht. Bei solchen Reaktionszeitexperimenten (Shanon, 1979;

Day, 1977; 1979, Babkoff, Ben-Uriah & Eliashar, 1980; Bradshaw & Gates, 1978; Leiber, 1976) wurde aber lediglich manchmal das Geschlecht der Versuchspersonen berücksichtigt. Zur Frage des Einflusses der familiären Händigkeit sollte die vorliegende Untersuchung eine Beitrag leisten.
In Experiment I waren mit unilateral vertikal dargebotenen Trigrammen bei einer Stichprobe von Rechtshändern ohne linkshändige Verwandte ersten Grades sowohl in der Reaktionszeit als auch in der Trefferasymmetrie Geschlechtsunterschiede aufgetreten. Da auf Grund von oben erwähnten Untersuchungen die Vermutung besteht, daß Geschlecht und familiäre Händigkeit interagieren, sollte nun durch Replikation dieses Experimentes mit rechtshändigen Versuchspersonen, die linkshändige Verwandte haben, geprüft werden, ob bei dieser Stichprobe entsprechende Geschlechtsunterschiede auftreten und ob sich Unterschiede in der Asymmetrie zwischen den beiden Experimenten ergeben.

4.2.2 Methode

Versuchspersonen

Zweiunddreißig Studenten und Universitätsangestellte (16 Männer und 16 Frauen) nahmen am Experiment teil. Die Frauen waren zwischen 19 und 25 Jahren alt ($\bar{x}$ = 22.9), die Männer zwischen 21 und 27 Jahren alt ($\bar{x}$ = 23.2). Alle waren Rechtshänder gemäß einer deutschen Version des Händigkeitsfragebogens von Oldfield (1971) und hatten wenigstens einen linkshändigen Verwandten ersten Grades (Eltern oder Geschwister). Die Stichprobe wurde so zusammengestellt, daß jede potentielle Versuchsperson, die angab, nahe linkshändige Verwandte zu haben, für Experiment Ia zugeteilt wurde und alle übrigen 'reinen Rechtshänder' für Experiment I, II oder III. Alle Versuchspersonen hatten normale oder entsprechend korrigierte Sehschärfe, getestet mit einem Bausch und Lomb Sehtestgerät. Obwohl bei der Experimentankündigung ausdrücklich Versuchspersonen mit 'normaler Sehschärfe' gesucht wurden, mußten etliche wegen mangelnder Sehkraft vom Experiment aus-

geschlossen werden; insgesamt mehr Frauen als Männer, was wohl mit deren Abneigung, eine Brille zu tragen, zusammenhängt. Dieser Aspekt scheint besonders deshalb interessant, weil in der Regel bei visuellen Halbfeldstudien kein Sehtest gemacht wurde, was die Vergleichbarkeit von Gruppen beeinträchtigen müßte.
Zusätzlich wurden die Versuchspersonen gefragt, mit welchem Fuß sie bevorzugt einen Ball wegtreten würden, da in einer Validitätsstudie von Searleman (1980) die "Füßigkeit" der beste Einzelprädiktor der Sprachlateralisierung war. Alle Versuchspersonen (in allen Experimenten: I, Ia, II, III) gaben den rechten Fuß an. 15 der 16 Frauen und 9 der 16 Männer in Experiment Ia bevorzugten das rechte Auge um durch den Sucher einer Kamera zu blicken, alle übrigen hatten keine feste Präferenz. Dies stimmt überein mit dem erstaunlichen Befund von Birkett (1979), nach dem bei rechtshändigen Frauen mit familiärer Linkshändigkeit der Trend zur Bevorzugung des linken Auges, der sonst bei Frauengruppen beobachtet wurde, sich umkehrt.

Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung

Reizmaterial, Versuchsaufbau, Versuchsdurchführung, verwendete Geräte und Labor waren völlig identisch mit denen von Experiment I.

4.2.3 Ergebnisse

Getrennte Varianzanalysen wurden für die Mediane der korrekten Reaktionszeiten und die Trefferraten berechnet. Die mittleren Mediane der Reaktionszeiten und die entsprechenden Trefferraten sind in den Tabellen 5 und 6 dargestellt. Die Faktoren der Varianzanalyse waren Geschlecht, Hand,

visuelles Feld (links/rechts), Stimulus Kategorie (Wort/ sinnfreie Silbe), und Gebräuchlichkeit (hoch/niedrig); alle mit Messwiederholung, ausgenommen die beiden ersten Faktoren.

Reaktionszeiten

Die Analyse der Latenzen zeigte keinen signifikanten Haupteffekt, weder für Geschlecht, obwohl Männer zu schnelleren Reaktionen tendierten, noch für Hand oder visuelles Feld (vgl. Abb. 7).

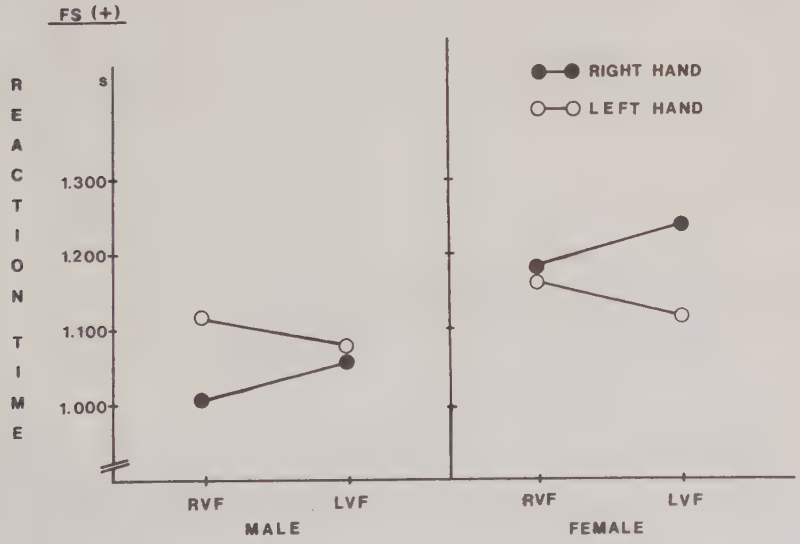

Abb. 7: Mittlere Mediane der Reaktionszeiten der Männer und Frauen mit familiärer Linkshändigkeit (FS+) für die rechte und linke Hand bei Darbietung im rechten (RVF) und linken (LVF) visuellen Feld.

Die Interaktion zwischen Feld und Hand wurde signifikant, $F(1,28) = 14.75$, $p < 0.001$; darin kommt zum Ausdruck, daß Männer und Frauen mit der rechten Hand schneller auf Reize aus dem rechten Feld reagierten und mit der linken Hand schneller auf Reize aus dem linken Feld (vgl. Abb. 7).

Ein genereller Unterschied zwischen stark und wenig gebräuchlichem verbalem Material zeigte sich im signifikanten Effekt für Gebräuchlichkeit, $F(1,28) = 29.67$, $p < 0.0001$: Männer und Frauen reagierten schneller auf hoch gebräuchliches verbales Material hin als auf seltenes und außerdem schneller auf Wörter als auf sinnfreie Silben, was sich in dem signifikanten Effekt für die Variable Stimulus-Kategorie äußert, $F(1,28) = 52.01$, $p < 0.0001$. Außerdem wurde die Interaktion zwischen Gebräuchlichkeit und Stimulus-Kategorie signifikant, $F(1,28) = 14.09$, $p < 0.0001$, was zeigt, daß man auf hoch gebräuchliche Wörter schneller reagierte als auf die anderen Gruppen der Stimulus-Kategorien.
Auch die Interaktion zwischen visuellem Feld und Gebräuchlichkeit wurde signifikant, $F(1,28) = 8.14$, $p < 0.01$, d.h., Männer und Frauen reagierten stärker asymmetrisch bei hoch vertrautem Material als bei seltenem (schnellere Reaktionszeiten bei Darbietung im rechten visuellen Feld, vgl. Tabelle 5). Keine weiteren Haupteffekte oder Interaktionen wurden signifikant, insbesondere keine Interaktionen mit dem Faktor Geschlecht.

Korrektheit der Antworten (Treffer)

Die Varianzanalyse der Trefferraten zeigte keine signifikanten Haupteffekte für Geschlecht oder Hand, wohl aber einen signifikanten Feldeffekt, $F(1,28) = 5.05$, $p < 0.05$ (vgl. Abb. 8). 10 der 16 Männer und 11 der 16 Frauen zeigten eine Rechtsfeldüberlegenheit. Die Effekte für Gebräuchlichkeit, $F(1,28) = 59.05$, $p = 0.0000$, und für Stimulus Kategorie, $F(1,28) = 21.17$, $p < 0.001$, wurden signifikant. Hoch vertrautes sprachliches Material wurde schneller ver-

arbeitet als wenig vertrautes und Wörter wurden häufiger falsch beurteilt als Silben, was wohl hauptsächlich auf die größere Fehlerzahl bei wenig gebräuchlichen Wörtern zurückzuführen ist, die durch die signifikante Interaktion zwischen Gebräuchlichkeit und Stimulus-Kategorie zum Ausdruck kommt, $F(1,28) = 29.47$, $p < 0.0001$.

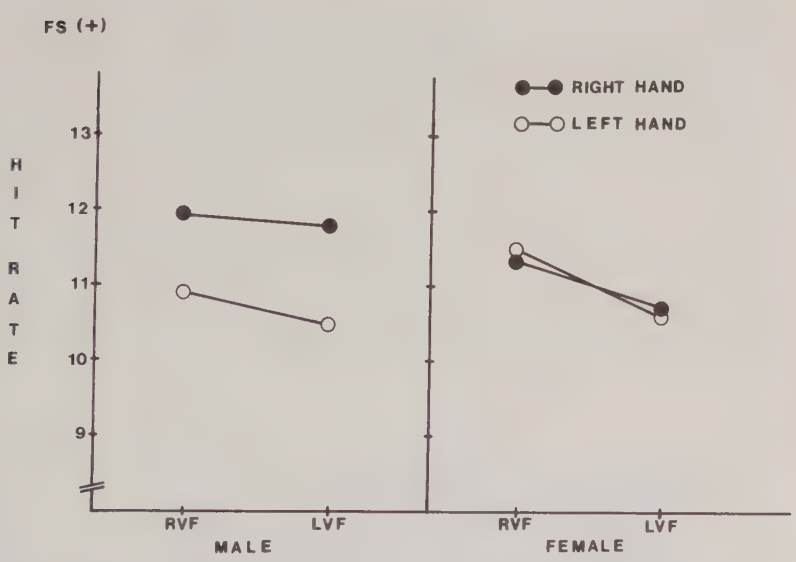

Abb. 8: Mittlere Trefferzahl der Männer und Frauen mit familiärer Linkshändigkeit (FS+) für die rechte und linke Hand bei Darbietung im rechten (RVF) und linken (LVF) visuellen Feld.

Erstaunlicherweise wurde die Interaktion zwischen Feld, Stimulus-Kategorie und Hand signifikant, $F(1,28) = 8.26$, $p < 0.01$, und die Interaktion zwischen Feld, Stimulus-Kategorie, Geschlecht und Hand war gerade eben nicht signifikant, $F(1,28) = 3.80$, $p = 0.061$. Getrennte Varianzanalysen für

Männer und Frauen zeigten, daß diese Interaktion hauptsächlich durch die Ergebnisse der Männer bedingt ist. Die Interaktion zwischen Darbietungsfeld, lexikalischer Kategorie und Hand war für die Männer signifikant, $F(1,14)= 7.91$, $p = 0.01$, nicht aber für die Frauen, $F(1,14) = 0.81$, $p = 0.384$. Dieses Ergebnis bringt zum Ausdruck, daß Männer, die mit der linken Hand reagierten, eine Linksfeldüberlegenheit für Wörter und eine Rechtsfeldüberlegenheit für sinnfreie Silben zeigten, währemd bei den Männern, die mit der rechten Hand reagierten, das Umgekehrte auftrat, nämlich eine Rechtsfeldüberlegenheit für Wörter und eine Linksfeldüberlegenheit für sinnfreie Silben (vgl. a. Tab. 6). Bei den Frauen wurde dagegen die Interaktion zwischen Feld, Gebräuchlichkeit und lexikalischer Kategorie signifikant, $F(1,14) = 9.84$, $p < 0.01$, worin sich zeigt, daß sie für drei Reizgruppen eine Rechtsfeldüberlegenheit aufweisen und nur für die seltenen Wörter keine Asymmetrie in der Korrektheit, während für die Männer die Differenz in der Asymmetrie zwischen bedeutungshaltigem und nicht bedeutungshaltigem Material besteht, wie oben dargestellt.

Vergleich zwischen Versuchspersonen mit und ohne linkshändige Verwandte

Die Daten der Versuchspersonen ohne familiäre Linkshändigkeit (Exp. I) wurden in einer gemeisamen Varianzanalyse zusammen mit den Daten der Versuchspersonen mit linkshändigen Verwandten analysiert, um potentielle Unterschiede in der Asymmetrie zwischen männlichen und weiblichen Versuchspersonen in Abhängigkeit von der familiären Linkshändigkeit feststellen zu können. Die Varianzanalysen entsprachen den bereits oben berichteten der einzelnen Experimente, außer daß jetzt noch die familiäre Händigkeit als Faktor ohne Messwiederholung hinzu kam.

Reaktionszeiten

Keiner der Haupteffekte für Geschlecht, Hand, Feld oder familiäre Händigkeit wurde signifikant. Die Interaktionen zwischen Geschlecht und familiärer Händigkeit verfehlten knapp das Signifikanzniveau von 5%, d.h., Frauen mit familiärer Linkshändigkeit tendierten generell zu langsameren Reaktionen als Frauen ohne linkshändige Verwandte (vgl. Abb. 2 und Abb. 7).
Entsprechend den einzelnen Varianzanalysen wurden auch hier die Effekte für Gebräuchlichkeit, $F(1,56) = 53.74$, $p < 0.0001$, lexikalische Kategorie, $F(1,56) = 76.05$, $p < 0.0001$, und deren Interaktion, $F(1,56) = 27.75$, $p < 0.0001$, signifikant. Außerdem trat eine signifikante Interaktion zwischen Feld und Gebräuchlichkeit auf, $F(1,56) = 10.08$, $p < 0.01$, was deutlich macht, daß eine umgekehrte Asymmetrie für stark und wenig vertrautes Material - insbesondere bei Männern - auftrat, für die die Interaktion in nach Geschlechtern getrennten Varianzanalysen signifikant wurde, $F(1,28) = 7.00$, $p < 0.02$, während sie für Frauen knapp die Signifikanz verfehlte, $F(1,28) = 3.35$, $p = 0.074$.
Die getrennten Varianzanalysen für Männer und Frauen zeigten außerdem eine signifikante Interaktion zwischen Feld, Hand und familiärer Händigkeit für Frauen, $F(1,28) = 4.56$, $p < 0.05$, aber keine Signifikanz für Männer, $F(1,28) = 0.55$, $p = 0.47$. Dagegen trat bei Männern eine signifikante Interaktion zwischen Feld und Hand auf, $F(1,28) = 11.10$, $p < 0.01$, und keine vergleichbare Signifikanz für Frauen, $F(1,28) = 2.21$, $p > 0.14$. Diese Ergebnisse machen deutlich, daß bei Frauen, die mit der linken Hand reagieren, die Asymmetrie für solche mit linkshändigen Verwandten genau umgekehrt ist, verglichen mit der von Frauen ohne linkshändige Verwandte, und außerdem umgekehrt zu der mit der rechten Hand erzielten (vgl. Abb. 2 mit Abb. 7). Während bei den Versuchspersonen mit familiärer Linkshändigkeit

sowohl Männer als auch Frauen schneller mit der rechten Hand auf Reize im rechten Feld reagierten und schneller mit der linken Hand auf Reize im linken Feld, trat dies in Experiment I nur bei den Männern auf (vgl. Abb.2 mit Abb. 7). Die Interaktion zwischen Feld, Hand und familiärer Händigkeit wurde bei den Männern nicht signifikant, $F(1,28) = 0.55$, $p > 0.46$, obwohl bei den Männern ohne linkshändige Verwandte ein großer Reaktionszeitunterschied zwischen den Antworten mit der rechten und linken Hand auf Darbietungen im linken visuellen Feld hin bestand und diese Differenz bei der Vergleichsgruppe mit linkshändigen Verwandten sehr klein ist (vgl. Abb. 2 und Abb.7). Die Tendenz zu einer allgemein geringeren Asymmetrie bei Versuchspersonen mit familiärer Linkshändigkeit verglichen mit den 'reinen' Rechtshändern ist hauptsächlich bedingt durch die umgekehrte Feldüberlegenheit für seltene, wenig vertraute Wörter bei der ersten Gruppe. Nur für die weniger vertrauten Wörter trat bei getrennten Varianzanalysen für die Stimulus-Kategorien eine signifikante Interaktion zwischen Darbietungsfeld und familiärer Händigkeit auf, $F(1,56) = 4.56$, $p < 0.05$.

Korrektheit der Antworten

Der Vergleich der Trefferraten von Experiment I und Experiment Ia in einer gemeinsamen Varianzanalyse (entsprechend den Reaktionszeiten) zeigte eine knapp nicht signifikante Interaktion zwischen Geschlecht und familiärer Händigkeit, $F(1,56) = 3.12$, $p = 0.08$. Männer mit familiärer Linkshändigkeit tendierten dazu, insgesamt weniger Fehler zu machen als Männer ohne linkshändige Verwandte, während Frauen mit familiärer Linkshändigkeit dazu tendierten, mehr Fehler zu machen als ihre Vergleichsgruppe. Der Feldeffekt wurde signifikant, $F(1,56) = 17.25$, $p < 0.0001$, worin sich die generelle Rechtsfeld-

überlegenheit äußert, sowie die Haupteffekte für Gebräuchlichkeit, $F(1,56) = 113.39$, $p < 0.0001$, und für lexikalische Kategorie, $F(1,56) = 35.39$, $p < 0.0001$.

Auch die Interaktion zwischen Gebräuchlichkeit, lexikalischer Kategorie und Geschlecht wurde signifikant, $F(1,56) = 4.45$, $p < 0.05$; Frauen machten insgesamt ungefähr 7% weniger Fehler bei seltenen Wörtern als Männer. Darüberhinaus wurde die Interaktion zwischen Darbietungsfeld, Gebräuchlichkeit und lexikalischer Kategorie signifikant, $F(1,56) = 6.45$, $p = 0.01$, und die Interaktion zwischen Feld, Gebräuchlichkeit lexikalischer Kategorie und Geschlecht, $F(1,56) = 12.42$, $p < 0.001$. Diese Ergebnisse sind hauptsächlich durch die Frauen bedingt, für die in einer getrennten Varianzanalyse die Interaktion zwischen Feld, Gebräuchlichkeit, und lexikalischer Kategorie signifikant war, $F(1,28) = 23.46$, $p < 0.0001$, während für Männer die gleiche Interaktion weit entfernt von einem adäquaten Signifikanzniveau lag, $F(1,28) = 0.40$, $p > 0.53$. Frauen zeigten eine starke Rechtsfeldüberlegenheit für hoch vertraute Wörter und wenig vertraute Silben, während sie wenig vertraute Wörter und hoch vertraute Silben kaum asymmetrisch verarbeiteten. Die Interaktionen mit dem Faktor familiäre Händigkeit wurden knapp nicht signifikant: Feld x lexikalische Kategorie x familiäre Händigkeit, $F(1,56) = 2.81$, $p = 0.099$; Feld x lexikalische Kategorie x Hand x familiäre Händigkeit, $F(1,56) = 3.22$, $p = 0.078$; Feld x lexikalische Kategorie x Geschlecht x familiäre Händigkeit, $F(1,56) = 2.81$, $p = 0.099$. Es schien daher sinnvoll, getrennte Varianzanalysen für Männer und Frauen zu berechnen, die zeigten, daß für Männer die Interaktion zwischen Feld, lexikalischer Kategorie und familiärer Händigkeit signifikant war, $F(1,28) = 4.55$, $p < 0.05$, für Frauen dagegen nicht, $F(1,28) = 0.01$, $p = 0.92$. Darin äußert sich der bereits erwähnte Effekt, daß Männer mit links-

händigen Verwandten, die mit der rechten Hand reagierten, bedeutungshaltiges sprachliches Material umgekehrt asymmetrisch verarbeiten verglichen mit linkshändigen Reaktionen derselben Gruppe.
Der Unterschied zwischen Männern mit und ohne familiäre Linkshändigkeit ist besonders durch die mit der linken Hand reagierenden Versuchspersonen bedingt, für die, in einer getrennten Varianzanalyse, die Interaktion zwischen Feld, lexikalischer Kategorie und familiärer Händigkeit signifikant wurde, $F(1,14) = 7.04$, $p < 0.02$. Bezüglich der Treffer zeigte sich eine Rechtsfeldüberlegenheit bei bedeutungshaltigem sprachlichem Material für die mit der linken Hand reagierenden Männer ohne familiäre Linkshändigkeit und eine Linksfeldüberlegenheit für die Männer mit familiärer Linkshändigkeit, während beide mit der rechten Hand reagierenden Männergruppen bedeutungshaltiges Material besser aus dem rechten visuellen Feld verarbeiteten.

4.2.4 Diskussion

Die Hauptfrage dieses Experimentes war, ob die familiäre Händigkeit bei Rechtshändern Einfluß auf die Asymmetrie der Reaktionszeiten und/oder Trefferraten hat und ob das Geschlecht der Versuchspersonen dabei eine moderierende Rolle spielt, was auf eine genetische Komponente der zerebralen Asymmetrie für Sprachverarbeitung, unabhängig von der Ausprägung der eigenen Händigkeit, hinweisen würde. Um dies zu prüfen, wurde Experiment I mit einer Stichprobe von Rechtshändern mit familiärer Linkshändigkeit repliziert und die Ergebnisse des ersten Experimentes zusammen mit denen dieses Experimentes reanalysiert.
Die Ergebnisse bestätigen generell diese Vermutung: Geschlecht und familiäre Händigkeit hatten einen Einfluß auf die Reaktionszeit- und Trefferasymmetrie und zeigten

Interaktionen. Bisher liegen kaum visuelle Halbfeldstudien zu dieser Frage vor. Das verbale Tachistoskopexperiment von Piazza (1980) brachte kein Ergebnis, d.h., keinerlei signifikante Asymmetrie. Allerdings arbeitete sie mit bilateraler Halbfeldarbietung (was gewöhnlich sogar stärkere Asymmetrie-Effekte bewirkt als unilaterale Darbietung) und verwendete zusätzlich einen zentralen Pfeil; die Versuchspersonen sollten jeweils den Reiz angeben, auf den die Pfeilspitze zeigte, ein Verfahren, das wahrscheinlich die Aufmerksamkeitsprozesse so stark steuerte, daß diese den Effekt der hemisphärenspezifisxhen Verarbeitung überdeckten. McKeever und Van Deventers Studie (1977) zeigte paradoxe Ergebnisse bei einer 'letter mascing' Aufgabe, die möglicherweise nicht gut geeignet ist um Sprachverarbeitung zu untersuchen, und die Arbeit von Andrews (1977) führte mit anderen Methoden (Index-Korrelationen) zu einem ähnlichen Ergebnis wie die vorliegende. Sowohl für Geschlecht als auch für familiäre Händigkeit bestand ein Zusammenhang mit der Verarbeitungsasymmetrie. Der Einfluß von familiärer Händigkeit und Geschlecht ist allerdings auch im vorliegenden Experiment nicht so einfach, daß er sich in einer generell geringeren Asymmetrie bei den Versuchspersonen mit familiärer Linkshändigkeit äußerte, sondern kommt erst in Mehrfachinteraktionen zu Ausdruck. Zusätzlich zeigte sich eine kognitiv/motorische Interferenz, auf die später noch eingegangen werden soll.

Reaktionszeitasymmetrie

Bezüglich der Reaktionszeitdaten trat bei den mit der rechten und auch bei den mit der linken Hand reagierenden Frauen mit familiärer Linkshändigkeit - verglichen mit denen ohne linkshändige Verwandte - eine in der Richtung umgekehrte Asymmetrie auf (vgl. Abb. 2 und Abb. 7), während bei den beiden Männergruppen die Asymmetrie erhalten

blieb. Bei den Männern zeigte sich eine sehr große Differenz zwischen rechtshändiger und linkshändiger Reaktion bei Darbietung im linken visuellen Feld für diejenigen ohne linkshändige Verwandte, während bei denen mit familiärer Linkshändigkeit gerade bei Darbietung im linken visuellen Feld die Differenz zwischen den beiden Händen äußerst gering ist. Es handelt sich hier allerdings nur um einen Trend, da der Unterschied erstaunlicherweise nicht signifikant wurde.
Die Tendenz zu einer geringeren allgemeinen Reaktionszeitasymmetrie bei den Versuchspersonen mit familiärer Linkshändigkeit kommt hauptsächlich dadurch zustande, daß bei ihnen eine umgekehrte Asymmetrie für seltene Wörter auftritt. Man kann also nicht sagen, sie seien generell 'weniger' asymmetrisch.
Auffallend ist, daß innerhalb der Stichprobe mit familiärer Linkshändigkeit kein signifikanter Geschlechtsunterschied auftrat, wohl aber in der Stichprobe ohne familiäre Linkshändigkeit. Das hängt damit zusammen, daß bei den Versuchspersonen ohne linkshändige Verwandte die Asymmetrie der rechts bzw. links reagierenden Frauen jeweils umgekehrt wie die der entsprechenden Männer war, während bei den Versuchspersonen ohne linkshändige Verwandte Männer und Frauen die gleiche Asymmetrierichtung aufwiesen, nämlich schnellere Reaktionen mit der rechten Hand auf Rechtsfelddarbietung hin und schnellere mit der linken auf Linksfelddarbietung. Dieses Ergebnis ist schwer zu interpretieren. Man kann es nach der 'direct access' Hypothese als Ausdruck bihemisphärischer Verarbeitungskapazität verstehen: Die Reize werden in der Hemisphäre verarbeitet, in die sie primär gelangen, sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen. Es wäre aber auch möglich, daß dieses Ergebnis Ausdruck eines'S-R compatibility'-Effekts ist, der sich in dem gleichen Reaktionszeitmuster äußern würde. Eventuell könnte ein S-R Effekt auch zusätzlich auf einen Lateralisierungseffekt aufaddiert sein. Dieses

Ergebnis entspricht in der Richtung dem von Day (1977, Exp. 1) und Mayes (1982). Bisher wurde in der Literatur aber die Möglichkeit, daß bei visuellen Halbfeldexperimenten zur zerebralen Asymmetrie auch ein S-R-Effekt auftreten könnte, nicht in Betracht gezogen (vgl. Heister und Schroeder-Heister, 1985). Die Frage wurde durch Kontrollexperimente, die eine S-R-Kompatibilität nicht oder doch kaum zulassen, geprüft. Es zeigte sich dabei, daß eine Tendenz zu einem zusätzlich zum Lateralisierungseffekt aufaddierten S-R-Effekt auftritt (Heister, 1985). Diese Tendenz besteht bei Männern und Frauen, so daß Unterschiede in der kognitiv/motorischen Interferenz nicht allein dadurch zu erklären sind.

Bei der Stichprobe mit familiärer Linkshändigkeit waren für Männer und Frauen zusammen die Reaktionszeiten (kombiniert für rechte und linke Hand) für hoch vertrautes Material 56 msec schneller bei Darbietung im rechten Feld und für seltenes Material 46 msec schneller bei Darbietung im linken Feld. Bei der Stichprobe ohne familiäre Linkshändigkeit waren dagegen nur die seltenen Silben nicht rechtsfeldüberlegen verarbeitet. Man könnte das Ergebnis der Stichprobe mit familiärer Linkshändigkeit so verstehen, daß die hoch vertrauten Reize in der linken Hemisphäre verarbeitet werden und die wenig vertrauten in der rechten. Bisherige Ergebnisse konnten schon Einflüsse der Frequenz (Sprachhäufigkeit) auf die Asymmetrie nachweisen, aber nur für bedeutungshaltiges Material, da die Häufigkeit oder Vertrautheit für sinnfreie Silben nicht kontrolliert war. Daher ist es unerwartet und ohne Parallele, daß in diesem Experiment der Einfluß der Vertrautheit der Reize sogar den der Bildhaftigkeit übersteigt. Insgesamt läßt sich sagen, daß in der Gruppe mit familiärer Linkshändigkeit Männer und Frauen bezüglich der Reaktionszeitasymmetrie sehr viel ähnlichere Ergebnisse hatten als in der Gruppe ohne linkshändige Verwandte.

Hinsichtlich der Gesamtleistung waren bei der Stichprobe ohne linkshändige Verwandte die Frauen tendenziell besser und schneller als die Männer, während bei der Stichprobe mit familiärer Linkshändigkeit die Männer sowohl schneller reagierten als auch mehr richtige Antworten gaben. Auffallend ist auch der gerade eben nicht signifikante Unterschied zwischen Männern mit und solchen ohne linkshändige Verwandte, die mit der rechten Hand reagierten: Die Männer mit familiären Linkshändern waren sowohl sehr viel schneller als auch sehr viel besser als die ohne. Diese Ergebnisse wären bei einer größeren Stichprobe möglicherweise signifikant geworden. Vorerst kann man nur spekulieren, daß Geschlecht, familiäre Händigkeit und Handmotorik anscheinend auch einen Effekt auf die Gesamtleistung haben.

Die Effekte für Gebräuchlichkeit und lexikalische Kategorie sind bei der Stichprobe mit ebenso wie bei der ohne linkshändige Verwandte aufgetreten. Man reagiert generell schneller auf hoch vertrautes Material als auf wenig vertrautes und schneller auf Wörter als auf sinnfreie Silben. Am schnellsten reagierte man auf die hoch vertrauten Wörter. Diese Ergebnisse stimmen sehr gut mit denen anderer Autoren (z.B. Bradshaw and Gates, 1978; Barry, 1981; Babkoff et al., 1983) überein. Eine entsprechende Übereinstimmung zwischen den beiden Versuchspersonengruppen hinsichtlich dieser Stimulus-Effekte ergab sich auch bei der Auswertung der Treffer.

Korrektheit der Antworten

Bei der allgemeinen Treffer-Asymmetrie ist auffallend, daß die Frauen mit familiären Linkshändern fast das gleiche Leistungsmuster zeigen, wie die ohne familiäre Linkshändigkeit (vgl. Abb. 4 und Abb. 8, rechte Seite), während bei den Männern mit familiärer Linkshändigkeit die Asymmetrie etwas geringer ist als bei denen ohne und außerdem die mit der rechten Hand reagierende Gruppe eine

deutliche Leistungssteigerung zeigt (vgl. Abb. 4 und 8). Im Gegensatz zu den Reaktionszeitergebnissen trat hier innerhalb der Stichprobe mit familiärer Linskhändigkeit ein signifikanter Geschlechtsunterschied auf. Er besteht darin, daß die linkshändig reagierenden Männer sinnvolle Wörter linksfeldüberlegen verarbeiten und sinnlose Silben rechtsfeldüberlegen, während die rechtshändig reagierenden umgekehrt die Silben linksfeld- und die Wörter rechtsfeldüberlegen verarbeiten. Bei den Frauen trat eine solche Interaktion nicht auf. Sie verarbeiten dagegen drei Stimuluskategorien besser bei Darbietung im rechten Feld und die wenig vertrauten Wörter aus beiden Feldern gleich gut. Der Geschlechtsunterschied besteht hier also hauptsächlich darin, daß bei den Männern die Antwortmotorik, Tasten mit der rechten oder linken Hand, einen Einfluß auf die Asymmetrierichtung der Verarbeitung von sinvollem vs. sinnlosem Material hat. Bei den Männern ergab sich diesbezüglich auch ein signifikanter Unterschied zwischen den Männern mit und denen ohne familiäre Linkshändigkeit, da bei der letzten Gruppe sowohl die rechts als auch die links reagierende Versuchspersonengruppe eine Rechtsfeldüberlegenheit für Wörter zeigte. Dieses Ergebnis ist schwer zu interpretieren, aber die Umkehrung der jeweiligen Asymmetrie bei den Männern mit familiären Linkshändern scheint Ausdruck einer kognitiv/motorischen Interferenz zu sein, die in dieser Form nur bei dieser Versuchspersonengruppe aufgetreten ist. Das Ergebnis hat einige Ähnlichkeit mit dem einer Arbeit von Cotton, Tzeng und Hardyck (1980), die sich mit dem S-R-Kompatibilitätseffekt zwischen Stimuli in den vier Quadranten des visuellen Feldes befaßte. Bei Reaktion mit der rechten Hand trat bei dieser Arbeit eine qualitativ andere Asymmetrie auf als bei Reaktion mit der linken. Die Latenzen waren kürzer auf Reize aus dem oberen Quadranten ipsilateral zur reagierenden Hand und auf Reize aus dem unteren Quadranten contralateral zur reagierenden Hand hin. Die

Autoren interpretieren ihre Ergebnisse, indem sie zwei Annahmen machen, nämlich, daß das Reagieren mit einer Hand einen anregenden Einfluß auf die kontralaterale Hemisphäre hat, und zweitens, daß diese Anregung nicht unspezifisch ist, also eine generelle Überlegenheit im kontralateralen Feld bewirkt, sondern nur eine Überlegenheit für die Verarbeitung der "more salient aspects" der Reize. Wenn man in unserem Fall das sinnvolle verbale Material als "more salient" gegenüber dem sinnlosen ansieht, wäre das Ergebnis der Männer mit familiärer Linkshändigkeit entsprechend zu erklären. Reagieren mit der rechten Hand bewirkt Rechtsfeldüberlegenheit für Wörter und Linksfeldüberlegenheit für Silben, und Reagieren mit der linken Hand Linksfeldüberlegenheit für Wörter und Rechtsfeldüberlegenheit für Silben. Unklar bleibt zunächst, wieso dieser Effekt bei den Trefferraten und nicht in den Reaktionszeiten auftritt und wieso er nur bei den Männern mit familiärer Linkshändigkeit aufgetreten ist. Die Untersuchung von Cotton et al. (1980) wurde nur mit Rechtshändern durchgeführt (Geschlecht und familiäre Händigkeit unbekannt), wie überhaupt bei Experimenten zur S-R-Kompatibilität (z.B. Katz, 1981; Bauer & Miller, 1982; Fitts & Seeger, 1953).
Bei der gemeinsamen Analyse der Daten der Frauen mit und ohne familiäre Linkshändigkeit ist ein signifikanter Unterschied zwischen den Reizklassen aufgetreten. Die Frauen verarbeiteten hoch vertraute Wörter und weniger vertraute Silben rechtsfeldüberlegen unabhängig von der familiären Händigkeit oder der reagierenden Hand. Es zeigte sich hier also ein quasi "qualitativer" Unterschied zu den Männern. Die Unterschiede in der Asymmetrie der einzelnen Reizklassen könnten damit zusammenhängen, daß für Frauen die subjektive Sicherheit, mit der die lexikalische Entscheidung getroffen wird, für die Asymmetrie der Verarbeitung eine Rolle spielt. Die häufigen Wörter kann man vermutlich sicherer als Wörter einstufen und die seltenen Silben sicherer als Nicht-Wörter als die übrigen beiden Reizklassen. Auch dieses Ergebnis ist in der Literatur bisher ohne Parallele, da bisher die

Frequenz bzw. Gebräuchlichkeit nur bei den bedeutungshaltigen Reizen kontrolliert war, nicht aber bei dem sinnfreien Material.
Bezüglich der Gesamtleistung zeigte sich, daß bei der Stichprobe ohne familiäre Linkshändigkeit die Frauen tendenziell schneller reagierten und weniger Fehler machten und bei der Stichprobe mit familiärer Linkshändigkeit die Männer, insbesondere die, die mit der rechten Hand reagierten. Einen Hinweis auf die sprichwörtliche sprachliche Überlegenheit der Frauen (die aber so genau noch nicht nachgewiesen ist, vgl. Heister, 1982) könnte man daher nur in der Tatsache sehen, daß die Frauen signifikant bessere Leistungen beim Erkennen der seltenen Wörter hatten, was man als Effekt eines größeren aktiven Wortschatzes bzw. besserer Fähigkeiten zum Abruf solcher seltenen Wörter verstehen könnte. Anzeichen für bessere Leistungen von Frauen bei lexikalischen Entscheidungen sind in Arbeiten von Bradshaw, Gates & Nettelton (1977) und von Millar & Barber (1981) aufgetreten. Bei den Frauen ohne familiäre Linkshändigkeit wurde die Rechtsfeldüberlegenheit signifikant, bei den Frauen mit familiärer Linkshändigkeit jedoch nicht. Dieses Ergebnis entspricht genau dem von Hannay & Malone (1976b), die ein vergleichendes Tachistoskopexperiment durchführten. An der vorliegenden Untersuchung nahmen allerdings zusätzlich männliche Versuchspersonen teil, für die diesbezüglich das gleiche Ergebnis auftrat.
Da bei den Frauen der Unterschied zwischen der Stichprobe mit und der ohne familiäre Linkshändigkeit hinsichtlich der Treffer-Asymmetrie nicht signifikant wurde, wohl aber ein signifikanter Unterschied zwischen diesen Gruppen bei den Latenzen auftrat, ist zu vermuten, daß die familiäre Händigkeit bei Frauen entweder nur einen Einfluß auf die Lateralisierung der Motorik hat, oder daß die beiden Hemisphären bei Frauen mit und ohne familiäre Linkshändigkeit in unterschiedlicher Weise an der Verarbeitung von Sprache

beteiligt sind. Ob Unterschiede schon in der Lateralisierung der Motorik vorliegen, müßte durch Experimente mit einfacher Reaktionszeit überprüft werden. Eine solche Arbeit zu Einflüssen von Geschlecht und familiärer Händigkeit liegt meines Wissens bisher nicht vor. Bei den beiden Männergruppen traten dagegen zwar Unterschiede im Niveau auf, aber ein einheitliches Asymmetriemuster für die Latenzen. Die Trefferasymmetrie war dagegen unterschiedlich in Abhängigkeit von der reagierenden Hand, was man als Ausdruck kognitiv-motorischer Interferenz ansehen muß. Insgesamt zeigt die vorliegende Untersuchung, daß sowohl Geschlecht als auch familiäre Händigkeit bei Rechtshändern einen Einfluß auf die Verarbeitungsasymmetrie haben, was im Hinblick auf genetische Modelle der zerebralen Lateralisierung interessant ist. Sie stimmt insofern mit Ergebnissen anderer Experimente überein, in denen mit anderen Methoden mindestens ein Effekt der familiären Händigkeit nachgewiesen werden konnte (Kutas & Hillyard, 1980; Davidson, Schwartz, Pugash & Bromfield, 1976; Piazza, 1980). Solche Ergebnisse sind auch in bezug auf die klinische Forschung relevant. Untersuchungen an hirngeschädigten Rechtshändern könnten z.B. aufschlußreich sein, da eventuell die Varianz in Sprachleistungen und Therapieerfolg bei gleichermaßen hirngeschädigten Patienten teilweise durch einen Effekt der familiären Händigkeit erklärbar wäre, wie schon Geschwind (1980) vermutete.

Außerdem wurde aber durch die vorliegende Untersuchung deutlich, wie problematisch es ist, Treffer- und Reaktionszeitasymmetrie in gleicher Weise als Indikator für lateralisierte Verarbeitung anzusehen. In diesem Experiment zeigen die Reaktionszeiten und die Trefferquoten manchmal die umgekehrte Asymmetrie. Es ist denkbar, daß Reize in einer Hemisphäre verarbeitet werden, vielleicht sogar schneller in einer Hemisphäre als in der anderen, aber mit mehr Erfolg in der anderen. Hier ist noch weitere Forschung not-

wendig, das Verhältnis dieser beiden Maße zueinander zu klären, was auch für die kognitive Psychologie wichtig wäre, wo diese Frage auch gerade erst durch eine Arbeit von Santee & Egeth (1982) aufgeworfen worden ist.

4.3 Experiment II

4.3.1 Einleitung[8)]

Die Vorteile der Kombination von unimanueller Reaktionszeitmessung und visueller Halbfelddarbietung für die Lateralisierungsforschung wurde oben bereits dargestellt. Die Probleme, die mit dieser Methode verbunden sind, und gewisse Unstimmigkeiten in experimentellen Ergebnissen führten zur Fragestellung dieser Arbeit. Wesentliche Annahmen, die der Tachistoskopmethode unterliegen und in dieser Arbeit untersucht werden, sind die des statischen Konzeptes der hemisphärischen Verarbeitungsasymmetrie und die der additiven Zusammensetzung der Reaktionszeit aus der Verarbeitungszeit und der Zeit für die motorische Reaktion, wobei angenommen wird, daß diese beiden Prozesse unabhängig voneinander sind. Diese Annahmen macht man implizit, wenn die Asymmetrie von Reaktionszeiten bei visueller Halbfelddarbietung als Indikator für z.B. hemisphärische Spezialisierung für Sprachverarbeitung interpretiert wird.

Da aber gerade die umgekehrte Annahme, nämlich daß es zu intrahemisphärischen Interferenz kommen kann, einem anderen Forschungszweig, den sogenannten "dual task"- oder "time sharing"-Experimenten, unterliegt, scheint es sinnvoll, diese Grundannahme des Reaktionszeitmodells einmal zu überprüfen. Bisher wurde in solchen "dual task"-Experimenten motorisch/motorische Interferenz nachgewiesen (z.B. zwischen Sprechen und Fingerklopfen der rechten Hand) oder kognitiv/kognitive (z.B. zwischen der Verarbeitung sprachlicher Reize und einer konkurrierenden verbalen "Gedächtnisladung"). Es stellt sich also die Frage, ob ein solcher Effekt in einem normalen Reaktionszeitexperiment auftreten kann, als motorisch/kognitive Interferenz zwischen der Reizverarbeitung und den motorischen Komponenten des Antwortverhaltens.

Da bereits in den Experimenten I und Ia Hinweise auf Motorikeffekte auftraten, war zu vermuten, daß eine Steigerung der motorischen Anforderungen zu einem "overload" Effekt (lateralisiert oder generalisiert) führt. Dies wurde überprüft, indem Experiment I mit einer weiteren Stichprobe von Rechtshändern ohne linkshändige Verwandte repliziert wurde, unter völlig gleichen Bedingungen, außer, daß die Anforderungen an die Antwortmotorik gesteigert wurden. In Experiment I war ein signifikanter Geschlechtsunterschied bei den Reaktionszeiten aufgetreten: Männer reagierten mit der rechten Hand schneller auf Reize im rechten Feld und mit der linken schneller auf Reize im linken Feld, während die Frauen keine solche Interaktion zeigten. Sie hatten eine Tendenz zu einer "paradoxen" Asymmetrie, die in der zweiten Experimenthälfte auftrat. In Anlehnung an Kinsbournes dynamisches Konzept der zerebralen Lateralisierung, das annimmt, daß die Verarbeitungsasymmetrie veränderbar ist, ist also zu vermuten, daß eine Steigerung der motorischen Anforderungen zu einem Umschlagen oder Verschwinden der Asymmetrie bei den Männern führt und bei den Frauen zu einer Steigerung der Asymmetrie in die "falsche" Richtung. Wenn aber kognitive und motorische Verarbeitung unabhängig voneinander wären, wie implizit bei derartigen Reaktionszeitexperimenten angenommen wird, sollte in beiden Experimenten das gleiche Ergebnis auftreten, d.h. kein signifikanter Unterschied in der Asymmetrie zwischen beiden Experimenten, da diese ja ausschließlich ein Indikator der hemisphärischen Spezialisierung für Sprachverarbeitung sein soll.

4.3.2 Methode

Versuchspersonen

32 Versuchspersonen (16 Männer und 16 Frauen), die in allen relevanten Aspekten denen des ersten Experimentes glichen, nahmen an diesem Experiment teil. Die Frauen waren zwischen

19 und 36 Jahren alt ($\bar{x}$ = 24.9), die Männer zwischen 20 und 42 ($\bar{x}$ = 24.2). Alle waren Rechtshänder gemäß einer deutschen Version des Händigkeitsfragebogens von Oldfield (1971), hatten keine nahen linkshändigen Verwandten und sprachen Deutsch als Muttersprache. Sie hatten alle normale Sehkraft (mindestens 20/22 snellen), gemessen mit einem Bausch&Lomb Sehtestgerät.

Versuchsdurchführung

Das Experiment war völlig identisch mit Experiment I hinsichtlich der Reize, der Verarbeitungsanforderungen, der Versuchsdurchführung, des Labors und der experimentellen Bedingungen. Nur die Art des Antwortverhaltens war variiert, um den Einfluß der Motorik zu prüfen. Die Versuchspersonen sollten jetzt bei jeder Antwort die Taste zweimal drücken. Die Reaktionszeit wurde jeweils beim ersten Anschlag der Taste gemessen, so daß nach dem Reaktionszeitmodell kein Unterschied in der Asymmetrie zum ersten Experiment auftreten dürfte, da alle kognitiven Aspekte die gleichen sind.

4.3.3 Ergebnisse

Entsprechend den anderen Experimenten wurde auch hier eine Varianzanalyse für Reaktionszeiten und eine für Trefferraten gerechnet.

Reaktionszeiten

Wie bei den anderen Experimenten wurde auch hier der Haupteffekt für Gebräuchlichkeit signifikant, $F(1,28) = 50.44$, $p = 0.000$, der Haupteffekt für Reizkategorie, $F(1,28) = 24.60$, $p = 0.000$ und deren Interaktion, $F(1,28) = 17.04$, $p = 0.0003$. Die Interaktion zwischen Gebräuchlichkeit und Geschlecht, $F(1,28) = 4.97$, $p < 0.05$, zeigt an, daß die Männer im Durchschnitt bei hoch vertrauten Reizen 44 msec schneller reagierten als die Frauen, während diese im

Durchschnitt 4 msec schneller auf weniger vertraute Reize reagierten als die Männer.
Die Analyse der Reaktionszeiten (Tabelle 7) zeigte insgesamt nur eine geringe Rechtsfeldüberlegenheit, so daß der Haupteffekt für Feld weit entfernt von einem adäquaten Signifikanzniveau lag, $F(1,28) = 2.55$, $p = 0.125$ (vgl. Abb. 9).

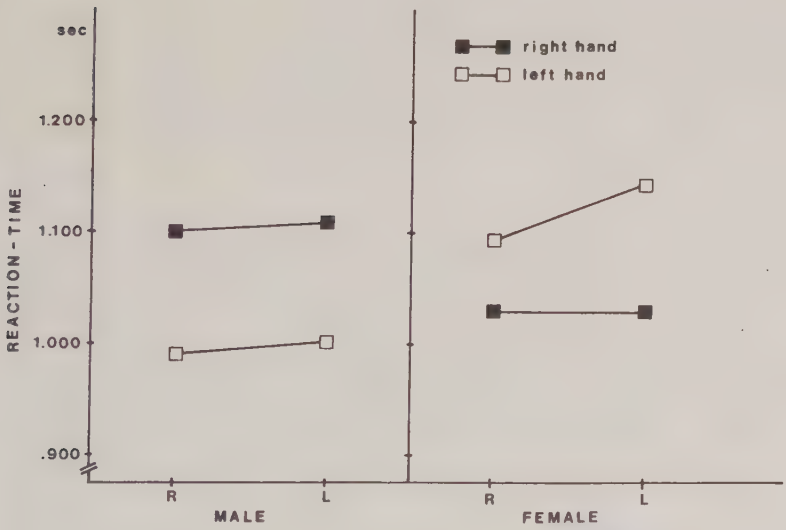

Abb. 9: Mittlere Mediane der Reaktionszeiten bei Reizdarbietung im rechten und linken visuellen Feld für die rechte und linke Hand.

Die Interaktion zwischen Feld und Gebräuchlichkeit war signifikant, $F(1,28) = 4.06$, $p = 0.05$, worin sich ausdrückt, daß Reaktionen 50 msec schneller für häufige, vertraute Reize bei Darbietung im rechten Feld waren als bei Darbietung im linken Feld, während die wenig vertrauten Reize 3 msec schneller bei Darbietung im linken Feld verarbeitet wurden. Die Interaktion zwischen Feld, Gebräuchlichkeit, Reizkategorie und Geschlecht wurde gerade eben nicht signifikant, $F(1,28) = 4.03$, $p = 0.0545$. Diese Interaktion zeigt die Tendenz, wenig vertraute Silben schneller im linken Feld zu verarbeiten, ein Ergebnis, das nur für die Frauen signifikant wurde, $F(1,14) = 5.29$, $p < 0.05$, wie getrennte Varianzanalysen zeigten.

Korrektheit der Antworten

Auch bei der Varianzanalyse der Treffer (Tabelle 8) zeigte sich kein signifikanter Feldeffekt, $F(1,28) = 0.12$, $p = 0.7322$ (vgl. Abb. 10). Wieder wurden die Faktoren Gebräuchlichkeit , $F(1,28) = 38.22$, $p = 0.0000$, und Reizkategorie, $F(1,28) = 30.34$, $p = 0.0000$, und deren Interaktion, $F(1,28) = 44.05$, $p = 0.0000$, signifikant. Auch die Interaktion zwischen Gebräuchlichkeit und Geschlecht wurde signifikant, worin sich äußert, daß Männer im Schnitt weniger hochvertraute Reize richtig erkannten als Frauen, während diese etwas seltener als Männer wenig bekannte richtig einstuften. Die Interaktion zwischen Feld, Reizkategorie, Geschlecht und Hand, $F(1,28) = 3.71$, $p = 0.0641$, und zwischen diesen Faktoren plus Gebräuchlichkeit, $F(1,28) = 3.39$, $p = 0.0764$, liegen im Bereich des 5%-Niveaus. Darin zeigt sich, wie getrennte Varianzanalysen für Männer und Frauen und für die rechte und linke Hand aufklärten, eine umgekehrte Tendenz bei Männern und Frauen, die mit der rechten Hand reagierten: Männer waren besser, wenn Wörter im linken Feld erschienen und Silben im rechten, während Frauen Wörter besser aus dem rechten Feld verarbeiteten und Silben besser aus dem linken. Bei der Einzelanalyse der Daten für die rechte Hand wurde

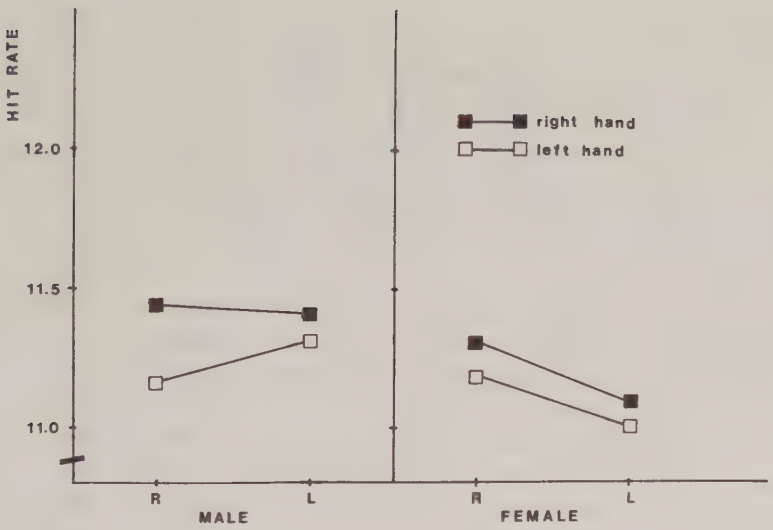

Abb. 10: Mittlere Trefferquote pro Reizkategorie bei Darbietung im rechten und linken visuellen Feld für Männer und Frauen

der Geschlechtsunterschied signifikant (Interaktion Feld xReizkategorie x Geschlecht: $F(1,14) = 4.81$, $p < 0.05$).

4.3.4 Diskussion

Die Ergebnisse dieses Experimentes sind bezüglich der Haupteffekte für Gebräuchlichkeit, Reizkategorie und deren Interaktion entsprechend zu denen von Experiment I und Ia, sowohl für die Reaktionszeiten als auch für die

Treffer. Auch die Tendenz, wenig vertraute sinnfreie Silben schneller bei Darbietung im linken visuellen Feld zu verarbeiten, trat wieder auf, wurde aber nur für die Gruppe der Frauen signifikant. Generell wurden hochvertraute Reize im rechten Feld besser verarbeitet als im linken, während für seltene Reize die umgekehrte Tendenz bestand.

Die wesentliche Hypothese dieses Experiments, daß die beständige Steigerung der motorischen Anforderungen zu einem Verschwinden oder sogar Umschlagen der Feldasymmetrie führen müßte, wurde belegt. Während im ersten Experiment die Männer mit der rechten Hand extrem viel schneller auf Reize aus dem rechten visuellen Feld reagierten und mit der linken schneller auf Reize aus dem linken Feld, ist hier die Rechtsfeldüberlegenheit bei Reaktion mit der rechten Hand stark gemindert, so stark, daß weder ein signifikanter Feldeffekt noch eine Feld x Hand - Interaktion auftreten, und für die linke Hand sogar umgeschlagen in eine Rechtsfeldüberlegenheit. Für Frauen bestand eine schwache Tendenz zur Steigerung der Asymmetrie in die "paradoxe" Richtung.

Vergleicht man die Auswertung der Treffer und der Reaktionszeiten, so zeigt sich, daß bei Männern und Frauen in diesem Experiment eine "speed-accuracy-trade off" in umgekehrter Richtung bestand: Männer reagierten auf hochvertraute Reize schneller als Frauen, machten dabei aber mehr Fehler als diese, und Frauen etwas schneller auf wenig vertraute Reize als Männer, machten dabei aber etwas mehr Fehler als diese. Erstaunlicherweise trat auch bei der Auswertung der Treffer keine Feldasymmetrie auf. Es zeigte sich der Tendenz nach ein Effekt, der einige Ähnlichkeit mit der kognitiv-motorischen Interferenz hat, die bei der Stichprobe von Rechtshändern mit familiärer Linkshändigkeit aufgetreten war: Männer, die mit der rechten Hand reagierten, ver-

arbeiteten Wörter besser aus dem linken Feld und Silben besser aus dem rechten, während Frauen, die mit der rechten Hand reagierten, Wörter besser aus dem rechten Feld und Silben besser aus dem linken verarbeiteten.
Durch eine Replikation des Experimentes mit weiterhin gesteigerter motorischer Anforderung (dreimal tasten) sollte versucht werden, einen weiteren, eventuell stärkeren Beleg für das Auftreten von kognitiv-motorischer Interferenz zu liefern.

4.4 Experiment III

4.4.1 Einleitung[9)]

Die motorischen Anforderungen der Antwortreaktion wurden weiter gesteigert, so daß die Feldasymmetrie, zumindest bei den Männern, sich weiter in "paradoxe" Richtung hin verändern müßte. Bei den Frauen ist dies weniger wahrscheinlich, da sie ja schon in Experiment I eine Tendenz zu einem "overload"-Effekt zeigten und sich die Asymmetrie von Experiment I zu Experiment II nur wenig veränderte.

4.4.2 Methode

Versuchspersonen

32 neue Versuchspersonen (16 Männer, 16 Frauen) nahmen an diesem Experiment teil, die in allen relevanten Aspekten denen der beiden anderen Experimente vergleichbar waren. Das Alter der Frauen lag zwischen 19 und 32 Jahren ($\bar{x}$ = 23.9), das der Männer zwischen 21 und 35 Jahren ($\bar{x}$ = 25.1). Alle waren Rechtshänder ohne linkshändige Verwandte, waren normalsichtig und hatten Deutsch als Muttersprache.

Versuchsdurchführung

Das Experiment war identisch mit Experiment I, Ia und II, nur daß die Versuchspersonen jetzt bei jeder Antwort die Reaktionstaste dreimal drücken sollten.

4.4.3 Ergebnisse

Wie bei den anderen Experimenten wurden Varianzanalysen sowohl für Reaktionszeiten als auch für Trefferraten berechnet. Die entsprechenden Daten sind den Tabellen 9 und 10 zu entnehmen.

Reaktionszeiten

Die Analyse der Latenzen ergaben einen signifikanten Haupteffekt für Feld, $F(1,28) = 10.81$, $p < 0.01$, aber außerdem

auch eine signifikante Interaktion zwischen Feld, Geschlecht und Hand, $F(1,28) = 4.90$, $p < 0.05$; alle Versuchspersonengruppen reagierten schneller bei Darbietung im rechten visuellen Feld, ausgenommen die mit der rechten Hand reagierenden Männer (vgl. Abb. 11). In separaten Varianzanalysen für Männer und Frauen wurde nur bei den Männern die Interaktion Feld x Hand signifikant, $F(1,14) = 5.88$, p 0.05, worin sich die unterschiedliche Asymmetrierichtung bei den mit der rechten und linken Hand reagierenden Männern äußert. In der separaten Varianzanalyse für Frauen zeigte sich (erstmals) ein signifikanter Feldeffekt, $F(1,14) = 6.38$, $p < 0.05$. Wörter wurden signifikant schneller verarbeitet als Silben,

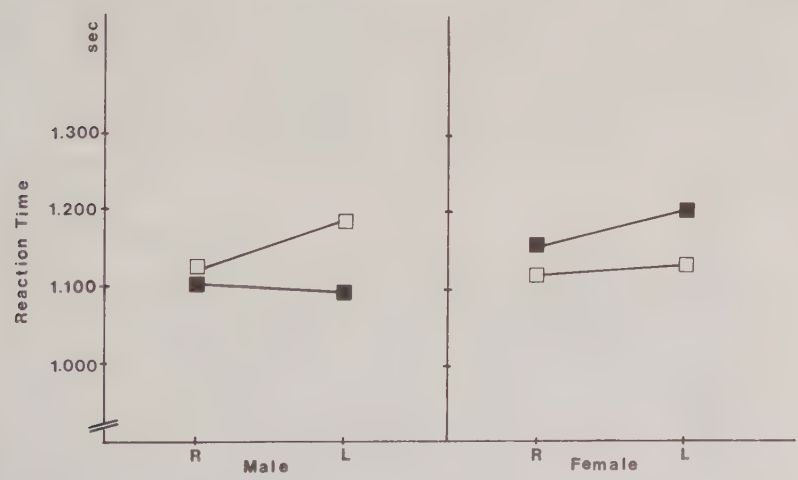

Abb. 11: Mittlere Mediane der Reaktionszeiten bei Darbietung im rechten und linken visuellen Feld für die rechte (gefüllt) und linke (ungefüllt) Hand in Experiment III.

$F(1,28) = 31.61$, $p < 0.0001$, und hoch vertrautes Material schneller als wenig vertrautes, $F(1,28) = 38.88$, $p < 0.0001$. Außerdem war auch wieder die Interaktion zwischen Gebräuchlichkeit und Reizkategorie signifikant, $F(1,28) = 35.11$, $p < 0.0001$. Keine anderen Haupteffekte oder Interaktionen wurden signifikant.
Es kommt also hier, verglichen mit Experiment I, zu einem Umschlagen der Asymmetrierichtung bei den Männern in Abhängigkeit von der reagierenden Hand und den motorischen Anforderungen.

Korrektheit der Antworten

Die Analyse der Trefferraten (vgl. Abb. 12) zeigte eine sig-

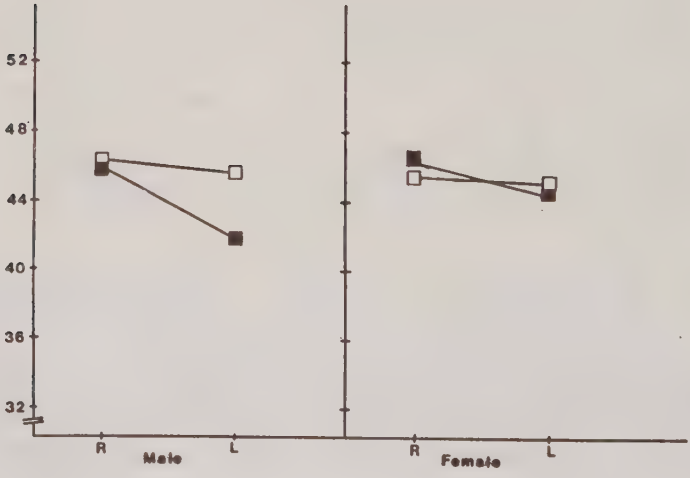

Abb. 12: Mittlere Trefferquoten bei Darbietung im rechten und linken visuellen Feld für die rechte (gefüllt) und linke (ungefüllt) Hand in Experiment III.

nifikante Rechtsfeldüberlegenheit, $F(1,28) = 8.07$, $p < 0.01$, und eine gerade nicht mehr signifikante Feld x Hand Interaktion, $F(1,28) = 3.96$, $p = 0.0566$, woraus ersichtlich ist, daß die Asymmetrie für die mit der linken Hand reagierenden Männer und Frauen weniger stark ausgeprägt war.
Die Haupteffekte für lexikalische Kategorie, $F(1,28) = 21.62$, $p < 0.0001$, und für Gebräuchlichkeit, $F(1,28) = 56.56$, $p < 0.0001$, wurden wieder signifikant wie auch deren Interaktion, $F(1,28) = 72.30$, $p < 0.0001$. Auch die Interaktion zwischen lexikalischer Kategorie und Hand war signifikant, $F(1,28) = 5.07$, $p < 0.05$. Dieser Effekt ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, daß bei Versuchspersonen, die mit der linken Hand reagierten, die Differenz zwischen richtig erkannten Wörtern und Silben signifikant war (mehr Treffer bei Silben), $F(1,14) = 22.46$, $p < 0.001$, während das nicht für die rechts reagierenden Versuchspersonen zutrifft, $F(1,14) = 3.06$, $p = 0.1021$. Keine weiteren Haupteffekte oder Interaktionen wurden signifikant, insbesondere keine Interaktion mit Geschlecht.

4.4.4 Diskussion

Die Hypothese dieser Arbeit, daß eine Steigung der motorischen Anforderung zu einem Umschlagen der Asymmetrie führen kann, wird durch die Ergebnisse gestützt. Es trat bei den Männern eine extreme Änderung der Reaktionszeitasymmetrie vom ersten zum dritten Experiment auf, die durch die herkömmlichen statischen Konzepte der zerebralen Verarbeitung nicht erklärbar ist. Sowohl die mit der rechten Hand als auch die mit der linken Hand reagierenden Männer zeigten eine Asymmetrie in "paradoxe" Richtung (vgl. Abb. 11), was als Hinweis auf kognitiv/motorische Interferenz verstanden wird. Da diesbezüglich ein Geschlechtsunterschied auftrat, ist zu vermuten, daß beim Auftreten von Geschlechtsunterschieden in Lateralisierungsstudien derartige kognitiv/motorischen Interferenz-Effekte beteiligt sind.

Die Ergebnisse für die Reizeigenschaften Gebräuchlichkeit, lexikalische Kategorie und deren Zusammenhang stimmen gut mit den Ergebnissen der anderen Experimente überein. Dies trifft auch für die Ergebnisse der Trefferauswertung zu. Auch dabei trat insgesamt eine Rechtsfeldüberlegenheit auf und die Tendenz bei Reaktionen mit der linken Hand, eine geringere Asymmetrie zu zeigen. Darüberhinaus zeigte sich ein unerwarteter Motorik-Effekt für die generelle Verarbeitung der Reize: Versuchspersonen, die mit der linken Hand reagierten, erzielten signifikant mehr Treffer bei Silben als bei Wörtern, was für die mit der rechten Hand reagierenden nicht zutraf. Das ist schwer zu interpretieren, erinnert aber auch wieder an Cotton et al.s Ergebnis (1980), und da das Ergebnis in diesem Zusammehang von untergeordneter Bedeutung ist, soll hier nicht weiter darauf eingegangen werden. Genaueren Aufschluß über die Ergebnisse soll ein Vergleich der drei Experimente in einer gemeinsamen Varianzanalyse geben.

4.5 Vergleich der Experimente I, II und III

Es wurde eine Varianzanalyse sowohl für Reaktionszeiten als auch für die Treffer entsprechend den vorherigen durchgeführt, jetzt allerdings mit dem zusätzlichen Faktor (ohne Meßwiederholung) Antwortbedingung (einmal, zweimal oder dreimal tasten).[10] Dabei sollte geklärt werden, ob sich die Ergebnisse der drei Experimente bezüglich der Asymmetrie signifikant unterscheiden und welche Ergebnisse von der Variation der Antwortmotorik nicht beeinflußt wurden.

Reaktionszeiten

Eine gemeinsame Analyse der Daten der drei Experimente zeigte zunächst, daß zwar die Frauen insgesamt dazu tendierten, etwas schneller zu reagieren als die Männer (28 msec); dieser Effekt wurde allerdings nicht signifikant, $F(1,84) = 0.28$, $p < 0.5994$. Die Haupteffekte für Gebräuchlichkeit, $F(1,84) = 99.89$, $p = 0.0000$, lexikalische Kategorie, $F(1,84) = 62.46$, $p = 0.0000$ wurden, wie auch schon bei den einzelnen Experimenten, signifikant. Von größerem Interesse ist in diesem Zusammenhang der Faktor Feld und die damit verbundenen Interaktionen. Der Haupteffekt für Feld wurde signifikant, $F(1,84) = 11.57$, $p = 0.001$, woraus ersichtlich ist, daß insgesamt, wie bei einer solchen Sprachverarbeitungsaufgabe zu erwarten, eine Rechtsfeldüberlegenheit auftrat (vgl. Abb. 13). Bei den mit der rechten Hand reagierenden Versuchspersonen trat insgesamt eine Rechtsfeldüberlegenheit von 31 msec auf und bei den links reagierenden eine von 27 msec , Männer zeigten eine von 32 msec und Frauen eine von 26 msec. Wie die signifikanten Interaktionen für Feld und Gebräuchlichkeit $F(1,84) = 6.08$, $p < 0.05$, und für Feld und lexikalische Kategorie, $F(1,84) = 3.85$, $p = 0.05$, zeigen, war die Rechtsfeldüberlegenheit für hoch vertraute Reize stärker ausgeprägt als für wenig vertraute und für Wörter stärker als für sinnfreie Silben. Wenn man Männer und Frauen getrennt betrach-

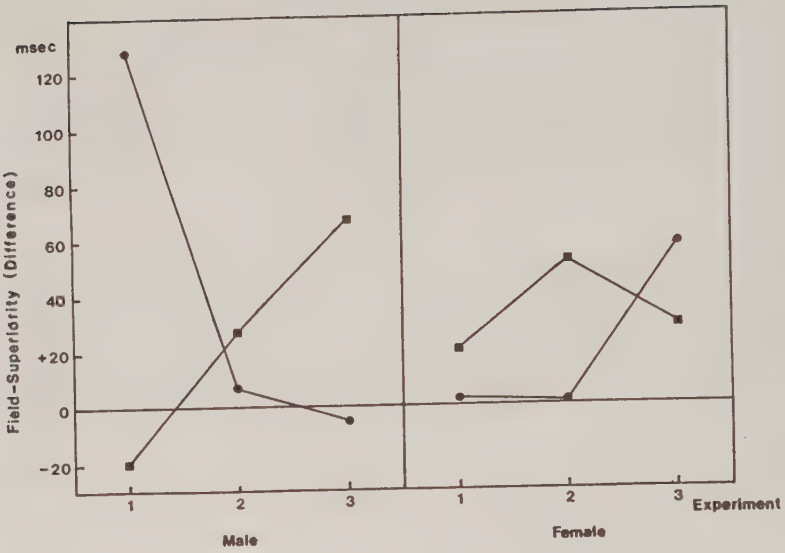

Abb. 13: Felddifferenz (rechts-links) für die mit der rechten (Kreise) und linken (Quadrate) Hand reagierenden Männer und Frauen in Experiment I, II und III

tet, wird deutlich, daß diese Effekte nur bei den Männern signifikant waren (Feld x Gebräuchlichkeit, $F(1,42) = 4.01$, $p = 0.05$, Feld x lexikalische Kategorie, $F(1,42) = 4.70$, $p < 0.05$). Bei den Frauen zeigte sich nur eine schwache Tendenz, hoch vertraute Reize stärker rechtsfeldüberlegen zu verarbeiten als niedrig vertraute, $F(1,42) = 2.26$, $p = 0.1406$, und nahezu keine Interaktion zwischen Feld und lexikalischer Kategorie, $F(1,42) = 0.22$, $p = 0.6385$.

Für Männer und Frauen gemeinsam wurde auch die Interaktion zwischen Feld, Gebräuchlichkeit und lexikalischer Kategorie signifikant, $F(1,84) = 4.45$, $p < 0.05$, d.h. wenig vertraute sinnfreie Silben wurden insgesamt besser aus dem linken visuellen Feld verarbeitet im Gegensatz zu den anderen Reizklassen.
Der Haupteffekt für Antwortbedingung wurde nicht signifikant, $F(2,84) = 0.88$, $p = 0.4203$, d.h. die verschiedenen Stichproben in den drei Experimenten unterschieden sich nicht hinsichtlich des allgemeinen Verarbeitungstempos. Wesentlich für die Fragestellung dieser Untersuchung ist, daß die Interaktion zwischen Feld, Hand und Antwortbedingung signifikant wurde, $F(2,84) = 3.32$, $p < 0.05$, und die Interaktion zwischen diesen drei Faktoren plus Geschlecht, $F(2,84) = 4.94$, $p < 0.01$. Es findet eine signifikante Veränderung der Asymmetrie zwischen den drei Experimenten statt in bezug auf die jeweilige Hand, und in diesem Effekt tritt ein Geschlechtsunterschied auf. Getrennte Varianzanalysen zeigen, daß die Interaktion Feld x Hand x Antwortbedingung nur bei den Männern signifikant ist, $F(2,42) = 6.65$, $p < 0.01$, nicht bei den Frauen, $F(2,42) = 0.99$, $p = 0.3801$, d.h. nur auf die Ergebnisse der Männer hat die Steigerung der Antwortmotorik einen signifikanten Einfluß. Getrennte Varianzanalysen für die mit der rechten und linken Hand reagierenden Versuchspersonen decken auf, daß der Geschlechtsunterschied nur bei den mit der rechten Hand reagierenden auftritt, Interaktion: Feld x Geschlecht x Antwortbedingung, $F(2,42) = 3.56$, $p < 0.05$. Die Kurven zeigen für die rechte Hand auch einen fast gegenläufigen Verlauf bei Männern und Frauen (vgl. Abb. 14). Wenn man die Daten der mit der rechten Hand reagierenden Männer mit denen der links reagierenden Männer vergleicht, zeigen getrennte Varianzanalysen, daß die Interaktion zwischen Feld und Antwortbedingung für beide signifikant wird (rechte

Hand: $F(2,21) = 3.42$, $p < 0.05$; linke Hand: $F(2,21) = 3.85$, $p < 0.05$). Sowohl das Umschlagen von einer Rechts- in eine Linksfeldüberlegenheit bei den mit der rechten Hand reagierenden als auch das Umschlagen von einer Linksfeld- in eine Rechtsfeldüberlegenheit bei den links reagierenden in Abhängigkeit von Anforderungen der Antwortmotorik ist also signifikant. Die Frauen zeigten dagegen insgesamt nur eine generelle Rechtsfeldüberlegenheit, $F(1,42) = 5.48$, $p < 0.05$, und keinerlei Interaktionen mit dem Faktor Feld. Keine weiteren Haupteffekte oder Interaktionen waren beim Vergleich der Experimente signifikant.

Der wesentliche Geschlechteunterschied, nämlich die Phasenverschiebung in der Interferenz, wird noch deutlicher, wenn man die Handdifferenzen für die im linken und rechten Feld dargetotenen Reize darstellt (vgl. Abb. 14).

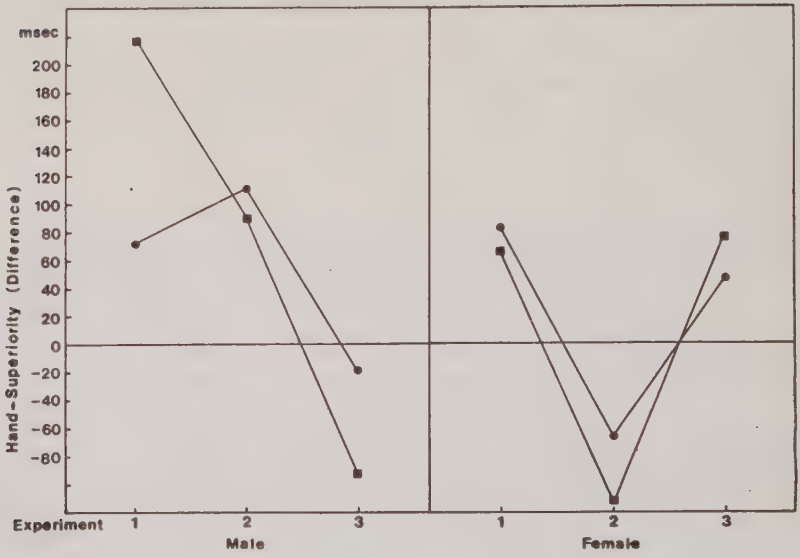

Abb. 14: Handdifferenz (rechts-links) bei Reizdarbietung im rechten (Kreise) und linken (Quadrate) visuellen Feld für Experiment I, II und III

Korrektheit der Antworten

Die Varianzanalyse der Treffer der Experimente I, II und III wurde entsprechend den anderen durchgeführt. Es traten, wie schon in den Einzelexperimenten, signifikante Haupteffekte für Gebräuchlichkeit, $F(1,84) = 145.93$, $p = 0.0000$, für lexikalische Kategorie, $F(1,84) = 65.46$, $p = 0.0000$ und für deren Interaktion auf, $F(1,84) = 119.12$, $p = 0.0000$. Die Interaktion zwischen lexikalischer Kategorie und Geschlecht wurde gerade eben nicht signifikant, $F(1,84) = 3.65$, $p = 0.0594$. Darin äußert sich die Tendenz von Frauen, etwas mehr Wörter richtig zu beurteilen als Männer. Insgesamt waren die Frauen zwar etwas besser, aber die Differenz wurde bei weitem nicht signifikant, $F(1,84) = 1.09$, $p = 0.2995$. Der Haupteffekt für Antwortbedingung wurde nicht signifikant, $F(2,84) = 1.19$, $p = 0.3099$, d.h. die verschiedenen Stichproben waren hinsichtlich ihrer Gesamtleistung vergleichbar. Auch die zum Antworten benutzte Hand hatte keinen generellen Einfluß auf das allgemeine Leistungsniveau, $F(1,84) = 0.0$, $p = 1.000$.

Der Haupteffekt für Feld wurde signifikant, $F(1,84) = 15.30$, $p = 0.001$, worin sich die allgemeine Rechtsfeldüberlegenheit äußert. Auch die Interaktion zwischen Feld und Antwortbedingung war signifikant, $F(2,84) = 3.37$, $p < 0.05$, da in Experiment II die Asymmetrie stark verringert bzw. sogar umgeschlagen ist (vgl. Abb. 15). Wenn die Daten von Männern und Frauen getrennt ausgewertet werden, wird diese Interaktion nur für Männer signifikant, $F(2,42) = 3.49$, $p = 0.0395$, für die diese Veränderung extremer ist als für Frauen (vgl. Abb. 15). Außerdem trat eine signifikante Interaktion für die Faktoren lexikalische Kategorie, Hand und Antwortbedingung auf, $F(2,84) = 3.26$, $p < 0.05$, worin sich niederschlägt, daß in Experiment III die Versuchspersonen, die mit der linken Hand reagierten, einen signifikanten Unterschied zwischen der Zahl der richtig beurteilten Wörter und der der Silben zeigten; sie erzielten mehr richtige Antworten bei den sinnfreien Silben. Der Effekt tritt insbesondere bei Frauen bei Reizdarbietung im linken visuellen Feld auf, $F(2,42) = 3.59$, $p = 0.0364$. Letztlich wurde auch die Interaktion zwischen Feld, Gebräuchlichkeit, lexikalischer Kategorie und Geschlecht signifi-

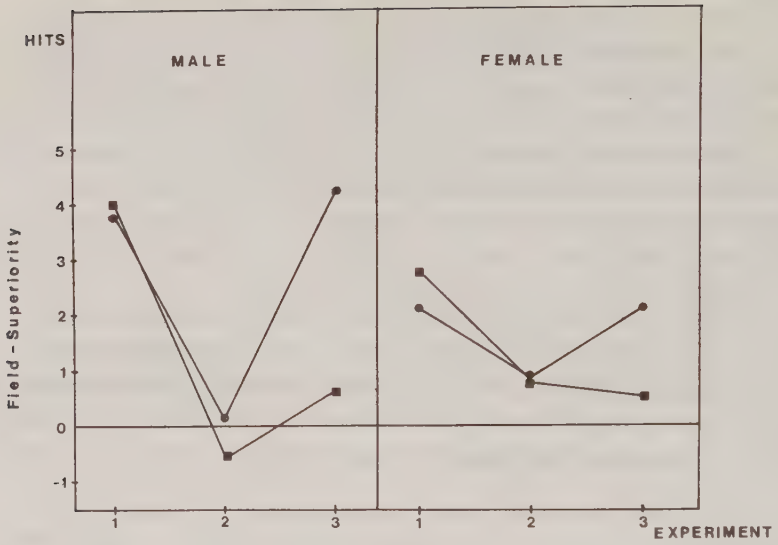

Abb. 15: Felddifferenz (rechts-links) für die mit der rechten (Punkte) und linken (Quadrate) Hand gegebenen korrekten Antworten in Experiment I, II und III

kant, $F(1,84) = 5.68$, $p < 0.02$. Darin kommt zum Ausdruck, daß Frauen hoch vertraute Wörter und wenig vertraute sinnfreie Silben deutlich rechtsfeldüberlegen verarbeiteten, während sie umgekehrt wie die Männer wenig gebräuchliche Wörter besser verarbeiteten, wenn diese im linken Feld dargeboten wurden. Die Frauen zeigten insgesamt eine etwas geringere Asymmetrie als die Männer und eine etwas weniger ausgeprägte Änderung der Asymmetrie über die drei Experimente hinweg (vgl. Abb. 15); der Verlauf der Kurven ist aber für beide Geschlechter deutlich ähnlich. Diese Beobachtung wird gestützt durch die nicht signifikante Interaktion zwischen Feld, Geschlecht und Antwortbedingung, $F(2,84) = 0.75$, $p = 0.4775$, und die Interaktion dieser

drei Faktoren mit dem Faktor Hand, $F(2,84) = 0.08$, $p = 0.9252$.

Vergleicht man dagegen die Hand-Differenzen bei Reizdarbietung im linken bzw. rechten visuellen Feld (vgl. Abb. 16), so zeigt sich ein Geschlechtsunterschied im Verlauf der Kurven. Allerdings sind die mittleren Differenzen der Treffer so klein, daß kaum eine relevante Signifikanz auftritt. Separate Varianzanalysen für Reizdarbietung im rechten bzw. linken visuellen Feld erbrachten nur für die Stimulierung im linken Feld signifikante Interaktionen mit dem Faktor Geschlecht: Lexikalische Kategorie x Geschlecht, $F(1,84) = 6.53$, $p = 0.0124$, und Gebräuchlichkeit x lexikalische Kategorie x Geschlecht, $F(1,84) = 6.72$, $p = 0.0112$; d.h., bei Darbietung im linken visuellen Feld erzielten Männer etwas mehr Treffer als Frauen bei sinnfreien Silben, während Frauen deutlich mehr richtige Antworten bei Wörtern ga-

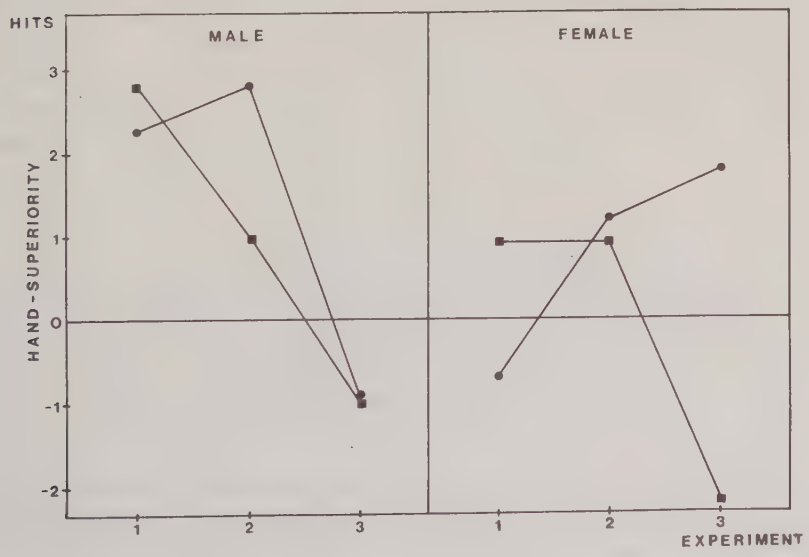

Abb. 16: Handdifferenz (rechts-links) für die im rechten (Punkte) und linken Feld (Quadrate) dargebotenen Reize in Experiment I, II und III

ben als Männer, was man als Ausdruck für deren größeres rechtshemisphärisches Vokabular verstehen könnte. Insbesondere hatten Frauen im Schnitt 7.52 Treffer mehr bei links dargebotenen seltenen Wörtern als Männer, während Männer 5.75 Treffer mehr bei sinnfreien Silben erzielten. Bei den hochvertrauten Reizen trat diese Interaktion nicht auf. Für Reizdarbietungen im rechten Feld, also für Material, das direkt die linke Hemisphäre erreicht, trat kein signifikanter Geschlechtsunterschied auf. Anzeichen für eine "Phasenverschiebung" zwischen Männern und Frauen, wie bei den Reaktionszeiten, gab es hier nicht.

5.0 Allgemeine Interpretation der Ergebnisse

Die Hauptfrage dieser Arbeit war, ob es bei einem gewöhnlichen Reaktionszeitexperiment mit visueller Halbfelddarbietung, wie es heute häufig zur Untersuchung der zerebralen Asymmetrie verwendet wird, zu kognitiv/motorischer Interferenz zwischen der Verarbeitung der Reize (hier lexikalische Entscheidung wie bei nahezu allen solchen Experimenten mit Sprachreizen) und der darauf bezogenen motorischen Antwortreaktion kommen kann und ob das Auftreten von Geschlechtsunterschieden in der Wahrnehmungsasymmetrie durch solche Interferenzen bedingt ist.

Die Übersicht über den Forschungsstand bezüglich der Geschlechtsunterschiede in der Lateralisierung zeigte, daß die Befunde und Positionen äußerst kontrovers sind, so daß zu vermuten ist, daß bisher unentdeckte Variablen (wie z.B. die Antwortmotorik) bei derartigen Untersuchungen eine Rolle spielen. Da Geschlechtsunterschiede bisher nahezu ausschließlich auf dem Hintergrund der statisch dichotomen Konzepte der zerebralen Organisation untersucht worden sind und an deren Annahmen berechtigte Zweifel bestehen, sollte hier versucht werden, in Anlehnung an Kinsbournes Vorstellung gerade den Aspekt der Veränderung der Asymmetrie bei Männern und Frauen in Abhängigkeit von den Anforderungen der Motorik und der reagierenden Hand zu untersuchen.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit (vgl. Hypothesen) lag zwar auf dem Aspekt der Reaktionszeitmessung, da gerade in letzter Zeit diesbezüglich differenziertere theoretische Modelle aufgestellt worden sind, aber gerade wegen des theoretischen Interesses an diesen Modellen und an den Konzepten der zerebralen Asymmetrie wurde gleichzeitig versucht, die Korrektheit der Reaktionen auszuwerten.

Die Ergebnisse der Experimente stützen die Ausgangshypothese. Es kam zu Geschlechtsunterschieden in der Verarbeitungsasymmetrie sowohl bei Reaktionszeiten als auch bei der Korrektheit der Antworten; es trat, wie erwartet, kognitiv/motorische Interferenz auf und in diesen Interferenzeffekten ein Geschlechtsunterschied. Auf die Details wird im folgenden eingegangen.

5.1 Reaktionszeiten und Geschlecht

5.1.1 Motorik-Effekte

Der Vergleich der Experimente I, II und III, die identische kognitive Aufgaben, aber verschiedene Anforderungen an die mit der Reaktion verknüpfte Motorik aufwiesen, zeigten insgesamt die in der Literatur gut dokumentierte Rechtsfeldüberlegenheit bei der Verarbeitung verbaler Stimuli, die als Ausdruck der linkshemisphärischen Spezialisierung für Sprachverarbeitung angesehen wird. Aber die aufgetretene Interaktion zwischen Hand, Feld und Antwortbedingung zeigt darüber hinaus, daß nicht nur Eigenschaften der Reize oder der kognitiven Verarbeitung (wie z.B. bei Day, 1979; Martin, 1978), sondern auch die für die Antwortreaktion benutzte Hand und die mit der Antwort verknüpften motorische Anforderungen einen signifikanten Einfluß auf die Reaktionszeitasymmetrie haben. Eine Steigerung der motorischen Anforderungen führte zu einem Umschlagen der Asymmetrierichtung bei den mit der rechten und mit der linken Hand reagierenden Männern, aber nicht bei den Frauen (vgl. Abb. 13).

Insgesamt tendierten die Frauen zu einer etwas geringeren Rechtsfeldüberlegenheit als die Männer, was mit anderen Befunden sehr gut übereinstimmt (z.B. Bradshaw & Gates, 1978; Day, 1977; Bradshaw et al., 1977). Wenn dieser Unterschied signifikant wäre, könnte man ihn trotzdem nicht als Hinweis auf niedrigere linkshemisphärische Spezialisierung für Sprachverarbeitung bei Frauen ansehen, da diese Felddifferenz (laut Modell) die interhemisphärische Transmissionszeit angibt, d.h. man müßte dann annehmen, daß ein Geschlechtsunterschied in der Funktion des Corpus Callosum besteht. Im Detail zeigten die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit, daß ein einfaches Konzept wie "Frauen sind weniger asymmetrisch organisiert als Männer" nicht ausreicht. In Experiment I "starteten" die Frauen nicht nur mit einem anderen Asymmetriemuster als die Männer in der einfachen Antwortbedingung (Experiment I), wo die Männer eine Feld/Hand-Interaktion zeigten, die man laut Reaktionszeitmodell als Ausdruck bihemisphärischer Sprachverarbeitungskapazität verstehen müßte (vgl. Kap. 3.4), die

Frauen aber nicht; auch der Einfluß der gesteigerten motorischen Anforderungen wirkt sich bei ihnen etwas anders aus. Für die Männer führte die Steigerung zu einer Umkehrung in der Asymmetrierichtung - bei den mit der linken Hand reagierenden ein nahezu linearer Effekt (vgl. Abb. 13, linke Hälfte) - während bei den Frauen die Richtung der Asymmetrie erhalten blieb. Zwar traten auch bei ihnen Veränderungen in der Größe der Rechtsfeldüberlegenheit auf; die waren allerdings nicht so stark, daß die Unterschiede zwischen den Experimenten signifikant geworden wären.

Wenn man die Felddifferenzen für rechte und linke Hand kombiniert, zeigt sich für die Frauen eine nahezu lineare Steigerung der Rechtsfeldüberlegenheit von Experiment I bis Experiment III. Bei Experiment III wurde erstmals die Feldüberlegenheit für die Frauen signifikant. Die Männer dagegen hatten die insgesamt größte Rechtsfeldüberlegenheit bei Experiment I und die kleinste bei Experiment II. Da die Frauen erstmals in Experiment III, also unter der schwierigsten Bedingung, eine signifikante Rechtsfeldüberlegenheit zeigten könnte man vermuten, daß bei der weiteren Steigerung der Anforderung (viermal Tasten) auch bei Männern dieser Effekt aufträte (vgl. Abb. 13), daß also die Hemisphärenaktivierung oszilliert und bei großen Anforderungen wieder mehr die linke Hemisphäre beteiligt ist. Diese Möglichkeit erinnert an die Überlegungen zur hemisphärischen Ressourcen-Aktivierung und an die Vorstellung des "relative efficiency"-Modells, das davon ausgeht, daß es mit wachsenden Anforderungen an die Informationsverarbeitung zu einer Zunahme der Asymmetrie kommt (vgl. Hartje, 1982).

In Experiment I und II war die Rechtsfeldüberlegenheit bei den Frauen für Reaktionen mit der linken Hand sehr viel größer als für Reaktionen mit der rechten, in Experiment III, bei gesteigerter motorischer Anforderung also, kehrte sich das Verhältnis erstmals um. Die Reaktionszeitasymmetrie der mit der rechten und linken Hand reagierenden Frauen in Experiment II und III ist durch keine der gängigen Hypothesen eindeutig erklärbar, weder durch die "direct access"-Hypothese, die eine Feld/Hand-Interaktion wie bei den Männern in Experiment I und bei Männern und Frauen

mit familiären Linkshändern in Experiment Ia vorhersagen würde, noch durch die Dominanzhypothese (vgl. Kap. 3.4). Wenn nur die linke Hemisphäre Sprachreize verarbeiten könnte, müßte man eine Rechtsfeldüberlegenheit sowohl für die Reaktionen der rechten als auch für die der linken Hand erhalten. Das tritt nur der Tendenz nach auf. Es ist aber nach den herkömmlichen Konzepten nicht erklärbar, daß die Rechtsfeldüberlegenheit in Experiment I und II für die linke Hand sehr viel größer ist als für die rechte. Wenn man eine Spezialisierung der linken Hemisphäre annimmt, müßte die Rechtsfeldüberlegenheit für beide Hände gleich sein. Tatsächlich tritt aber in der Tachistoskop-Literatur häufig eine stärkere Rechtsfeldüberlegenheit für die rechte Hand auf (z.B. Bisiach et al., 1982; Barry, 1981). Auch eine Differenz in dieser Richtung ist auf der Basis der "Spezialisierungshypothese" nicht erklärbar. Eine mögliche Ursache für ein solches Ergebnis wäre die Addition eines S-R-Kompatibilitätseffektes zum Lateralisierungseffekt (vgl. Heister, 1985). Dieser würde für die rechte Hand in die Richtung des Lateralisierungseffektes gehen und für die linke Hand in die Gegenrichtung, wodurch die Differenz in der Asymmetrie zustande käme. Das Ergebnis der Frauen könnte man also, auch wenn man die Addition eines zusätzlichen S-R-Effekt annimmt, nicht erklären. Man kann es nur als "paradox" ansehen, als Ausdruck kognitiv/motorischer Interferenz. Low & Rebert (1978) konnten bei einer Arbeit mit zentraler Stimulusdarbietung und Einzelhand- versus Beidhandreaktion ("mixed") nur auf dargebotene Verben hin ("go-no-go") einen Geschlechtsunterschied aufzeigen. Für die Frauen trat eine "paradoxe" Hand-Differenz auf, insbesondere unter schwierigen Bedingungen (kürzere Darbietungszeit). Die vorliegenden Ergebnisse sind ähnlich, allerdings trat hier ein signifikanter lateralisierter "overload"-Effekt bei den Männern in Abhängigkeit von der Steigerung der motorischen Anforderungen an die Antwortreaktion auf. Daß die Veränderung für die Frauen nicht signifikant wurde, liegt daran, daß Frauen eine Tendenz zu diesem paradoxen Ergebnis schon im ersten Experiment unter der einfachen Bedingung, und da schon bei der Veränderung der Asymmetr von der ersten zur zweiten Experimenthälfte zeigten (vgl. Abb. 5) und die insgesamt größte Rechtsfeldüberlegenheit unter der schwierigsten Bedingung (vgl. Abb. 13).

Diese Ergebnisse sind nicht erklärbar durch das klassische, den Reaktionszeitexperimenten zugrundeliegende Konzept, das sensuo/kognitive Verarbeitung und Motorik als unabhängig betrachtet, so daß die Zeit, die für die motorische Reaktion und deren Initiierung notwendig ist, vernachlässigt werden kann. Da das Umschlagen der Asymmetrierichtung nur bei den Männern auftrat, ist zu vermuten, daß Geschlechtsunterschiede in kognitiven Lateralisierungsstudien und inhomogene Ergebnisse bei visuellen Halbfeldstudien (wie in Kap. 2 dargestellt) mindestens zum Teil auf Unterschiede in Motorikeinflüssen zurückzuführen sind, da ja jede Art von Experiment, sogar die meisten elektrophysiologischen Studien, irgendeine Form von motorischer Reaktion der Versuchsperson fordern.

Eine Steigerung der Asymmetrie beim gleichen Experiment, wie das Ansteigen der allgemeinen Rechtsfeldüberlegenheit bei den Frauen, oder ein Umschlagen der Asymmetrierichtung wie bei den Männern, ist nach dem klassischen Reaktionszeitmodell (vgl. Kap. 3.4) nicht möglich, da danach die Felddifferenz nur die interhemisphärische Übertragungszeit ausdrückt und sehr gering und stabil sein sollte. Wenn man annimmt, daß die Reize in der Hemisphäre verarbeitet werden, die sie auf direktem neuronalem Wege erreichen, und für die Wahrscheinlichkeit dieser Annahme sprechen einige Hinweise in der Literatur, die die rechtshemisphärischen Fähigkeiten zur Sprachverarbeitung belegen (Searleman, 1977; Bradshaw, 1980; Zaidel, 1978b), ist das vorliegende Ergebnis erklärbar als relative Steigerung oder Verminderung des intrahemisphärischen Verarbeitungstempos, bedingt durch die Interferenz einer schwierigen kognitiven Aufgabe mit mehr oder weniger hohen Anforderungen an die motorische Vorplanung und Ausführung der Reaktion innerhalb einer Hemisphäre. D.h. das Konzept Kinsbournes (vgl. Kap. 3.2), nach dem es bei "dual tasks" zu lateralisierter Interferenz kommen kann, muß noch erweitert werden: Entsprechend der Hypothese (Kap. 3.5) kann die Interferenz schon zwischen den vermeintlich nacheinander ablaufenden Prozessen der kognitiven Verarbeitung und der darauf bezogenen Antwortreaktion auftreten. Dies könnte ein Grund für Variabilität in der Feldüberlegenheit bei nur hinsichtlich der Antwortmodalität verschiedenen Experimenten

und für Unterschiede zwischen Reaktionszeit- und Trefferasymmetrie als Indikatoren der zerebralen Spezialisierung sein. So könnte also z.B. die kompliziertere beidhändige "mixed"-Reaktion, die Shanon (1979), im Gegensatz zu Day (1977) verwendete, zu einem intrahemisphärischen "overload effect" geführt haben, so daß in seinem Experiment letztlich keine Verarbeitungsasymmetrie auftrat.

Wie erwartet, hatte also die Steigerung der motorischen Anforderungen einen signifikanten Einfluß auf die Asymmetrie der Reaktionszeiten ("overload effect"), allerdings nur bei den Männern, und keinen signifikanten Einfluß auf die Richtung der Asymmetrie bei den Frauen. Daher können solche Ergebnisse visueller Halbfeldstudien nicht einfach als Indikator der Sprachlateralisierung angesehen werden, da eine Interaktion mit intrahemisphärischer motorischer Vorplanung oder Aktivierung besteht. Dieser Befund scheint für die Theorie der hemisphärischen Spezialisierung relevant zu sein, da er (im Gegensatz zu den klassischen statischen Dichotomien) ein mehr dynamisches Konzept der hemisphärischen Verarbeitung (im Sinne Kinsbournes) stützt. In bezug auf dieses Ergebnis sollte also auch schon eine visuelle Halbfeldstudie als eine Art "Doppel-Test" verstanden werden, der aus möglicherweise interferierenden visuo/kognitiven und motorischen Prozessen (der Reaktion) zusammengesetzt ist. "Wo" und "wie" genau die Interferenz auftritt, ist noch unklar. Aber motorische Prozesse haben auch eine kognitive Komponente, die mit der Reaktion verbundene Vorplanung und Entscheidung. Eine Interferenz scheint dadurch möglich zu sein, daß motorische Prozesse bei schnellen ("speeded") Reaktionen mehr als eine Sekunde vor der registrierten Bewegung zu beginnen scheinen, was Richer et al. (1983) in einer pupillometrischen Untersuchung wie auch elektrophysiologische Arbeiten aufzeigen konnten. Dadurch kann die motorische Vorplanung zeitlich mit der noch ablaufenden kognitiven Verarbeitung der Reize zusammenfallen. Auch eine neuere Arbeit von Vrtunski et al. (1983) zur senilen Demenz zeigte eine Interaktion zwischen kognitiven Anforderungen der Aufgabe und der darauf folgenden motorischen Reaktion. Diese be-

faßten sich allerdings nicht mit Hemisphärenspezialisierung. Die vorliegende Untersuchung zeigt also darüber hinaus, daß die kognitiv/motorische Interferenz lateralisiert ist und daß im Grad und Zeitpunkt des Auftretens ein Geschlechtsunterschied besteht.

Natürlich müßte erst in weiteren Experimenten (wenn möglich mit intra-individuellem Design und einem Vergleich von verbaler und räumlich-visueller Verarbeitung) detaillierter geklärt werden, unter welchen Bedingungen diese Interferenz auftritt und wieso Geschlechtsunterschiede darin bestehen, eventuell auch elektrophysiologisch, "wo" sie innerhalb der Hemisphären auftritt. Bezüglich der Geschlechtsunterschiede sind die Grundlagen noch nicht geklärt, d.h. es könnten schon Geschlechtsunterschiede in elementarer Reizverarbeitung oder anderen Aspekten der "Input-Zeit" bestehen, wie auch in elementaren Aspekten der Motorik, unabhängig von den hier geforderten kognitiven Leistungen. Hinweise auf die Wahrscheinlichkeit solcher Unterschiede sehe ich in Befunden von McGuinness (1976; McGuinnes & Pribram, 1979), die zeigten, daß Männer eine bessere Sehschärfe haben; normalsichtige Frauen waren bezüglich der Wahrnehmungsschwelle in allen Feldpositionen stärker sensitiv als Männer, und Frauen zeigten signifikant längere visuelle "persistence" im Dunkeln, unterschieden sich aber nicht bei Licht. Leider sind die Arbeiten von McGuinness eine Ausnahme. Gewöhnlich werden Wahrnehmungsexperimente nur mit Männern oder ohne Kontrolle des Geschlechts durchgeführt, so daß noch wenige Ergebnisse vorliegen.

Auch neue neuroanatomische Untersuchungen weisen, wie z.B. die von Gorski (1984), van Eden et al. (1984) und Lacoste-Utamsing &Holloway (1982), auf elementare Geschlechtsunterschiede hin, die sich möglicherweise in kognitiven Lateralisierungsstudien niederschlagen könnten. Gorski und Mitarbeiten konnten einen "sexual dimorphic nucleus" nachweisen, über dessen funktionale Konsequenz noch keine Klarheit besteht, van Eden et al. (1984) fanden signifikante Geschlechtsunterschiede in der Asymmetrie in der "agranular insular subarea" (AId) im orbitalen präfrontalen Cortex, und Lacoste-Utamsing & Holloway konnten zeigen, daß sich die Gehirne von Männern und Frauen schon in der Form

des Corpus Callosum unterscheiden; das von Frauen war im posterioren Teil etwas größer und stärker gekrümmt. Darin könnte meiner Meinung nach eine mögliche Ursache für Unterschiede in der interhemisphärischen Kommunikation liegen.

Wenn auch noch viele Fragen offen bleiben, so kann die vorliegende Arbeit doch schon zeigen, daß die motorischen Anforderungen an die Reaktion in visuellen Halbfeldstudien einen Einfluß auf die Asymmetrie der Reizverarbeitung hat, und daß dieser Effekt bei Männern und Frauen verschieden ist. Wenn man allerdings die Ergebnisse der Frauen in Experiment I und II mit denen der Männer in Experiment II und III (vgl. Abb. 13 und 14) vergleicht, wird deutlich, daß diese sehr ähnlich sind, insbesondere hinsichtlich der Richtung der Änderung der Asymmetrie. Es sieht also so aus, als ob der Geschlechtsunterschied dadurch zustande kommt, daß die kognitiv/motorische Interferenz bei Frauen schon früher, unter weniger schwierigen Bedingungen auftritt (was sich mit den Vermutungen von Low & Rebert deckt). Der Geschlechtsunterschied scheint in einer Phasenverschiebung zu liegen: Frauen erzielten in Experiment I ein ähnliches Ergebnis wie Männer in Experiment II, und Frauen in Experiment II ein ähnliches wie Männer in Experiment III. Es zeigt sich hier auch, daß nicht nur interessant ist, ob Reize aus dem rechten oder linken visuellen Feld schneller verarbeitet werden (Richtung der Asymmetrie), sondern auch, wie groß die Feldasymmetrie ist und wie groß deren Veränderung, auch wenn deren Richtung erhalten bleibt, wie hier bei den Frauen, wo eine Linksfeldüberlegenheit überhaupt nicht vorkam (vgl. Abb. 13). Das gleiche Ergebnis zeigt sich auch, wenn man die Handdifferenzen für Reize aus dem rechten und linken Feld darstellt (vgl. Abb. 14). Jedenfalls sind die Geschlechtsunterschiede in der zerebralen Asymmetrie wohl wesentlich komplizierter, als man bei früheren Arbeiten angenommen hat (worauf schon Kimura (1983) hinweist), und es ist zu vermuten, daß Geschlechtsunterschiede in Lateralisierungsstudien, sogar in Arbeiten mit evozierten Potentialen, sofern irgendeine Reaktion verlangt wird, zumindest teilweise mit Unterschieden in intrahemisphärischen Motorik-Einflüssen zusammenhängen. Einen Beleg für diese Vermutung sehe ich auch in einem Befund von Gur et al. (1983), nach dem es bei einer Arbeit mit der Methode der Positronen-Emission-

Tomographie bei verbalen und räumlich-visuellen Aufgaben nicht nur zu den für diese Tests erwarteten lateralisierten Effekten kam, sondern zusätzlich zu ähnlich lateralisierten Aktivitäten in motorischen Regionen.

Die Latenzen waren in dieser Untersuchung insgesamt relativ lang; das tritt gewöhnlich auf unter schwierigen Wahrnehmungsbedingungen und bei senkrechter Darbietung sprachlicher Reize. Überraschend ist allerdings, daß eine Tendenz zu schnelleren Reaktionen mit der linken als mit der rechten Hand bestand. Dieses Ergebnis ist gegen-intuitiv, da man von Rechtshändern, wenn überhaupt ein Unterschied auftritt, schnellere Reaktionen mit der rechten als mit der linken Hand erwarten würde. Da die Tendenz aber häufig bei visuellen Halbfeldstudien mit verbalen Reizen auftrat (z.B. Day, 1979; Shanon, 1979; Klatzky & Atkinson, 1971; Rizzolatti et al., 1971; Gross, 1972) und die umgekehrte Tendenz, schnellere Reaktionen mit der rechten Hand, bei nonverbalen Reizen (z.B. Strauss & Moscovitch, 1981; Rebert & Mahoney, 1978) könnte man vermuten, daß sich darin ein generalisierter "overload"-Effekt äußert, d.h. die Hand, die jeweils ipsilateral zur mehr in die Stimulusverarbeitung involvierten Hemisphäre ist, reagiert schneller, da deren Motorik in der anderen Hemisphäre initiiert wird. Leider muß dieser Aspekt hier zunächst Spekulation bleiben. Die Vermutung wäre zu überprüfen durch einen Vergleich mit den einfachen Reaktionszeiten derselben Versuchsperson und/oder einen Vergleich der Latenzen auf verbale Reize hin mit denen auf nonverbale.

5.1.2 Effekte der Reizeigenschaften[11)]

Die Ergebnisse bezüglich der verschiedenen Stimulus-Kategorien stimmen sehr gut überein mit anderen vergleichbaren visuellen Halbfeldstudien zu lexikalischen Entscheidungen (z.B. Babkoff & Ben-Uriah, 1983; Bradshaw & Gates, 1978; Brand et al., 1983; Day, 1977, 1979; Leiber, 1976). Generell waren Reaktionen schneller bei Darbietungen im rechten Feld und schneller bei bedeutungshaltigem Material als bei sinnfreien Silben. Bedeutungshaltiges Material wurde signifikant stärker rechtsfeldüberlegen verarbei-

tet als sinnfreies Material, wenn man die Ergebnisse der Experimente I, II und III gemeinsam betrachtet, also von den unterschiedlichen Antwortbedingungen und der reagierenden Hand absieht. Ebenso wurden vertraute Reize signifikant stärker rechtsfeldüberlegen verarbeitet als seltene (vgl. auch Leiber, 1982). Aus diesen Unterschieden in der Felddifferenz zwischen Wörtern und Nich Wörtern, die im übrigen auch beispielsweise schon bei Day (1977, 1979) vorkam, ist ersichtlich, daß die Reaktionszeitdifferenz hier nicht einfach die interhemisphärische Transmissionszeit wiedergibt; sonst müßte sie gleich und stabil sein oder für beide Hände in verschiedene Richtung gehen. D.h., nach dem "klassischen" Reaktionszeitmodell kann es keinen Unterschied in der Steilheit der Reaktionszeitasymmetrie geben, sondern nur einen Unterschied, der darin besteht, daß für eine Reizklasse, bei Mittelung der Reaktionszeiten über beide Hände, eine Feldasymmetrie auftritt und für eine andere Reizklasse keine Asymmetrie (wenn für diese die Richtung der Asymmetrie für beide Hände entgegengesetzt ist). Man könnte solche Differenzen im Asymmetriegrad, wie sie hier auftraten, als Ausdruck eines unterschiedlichen intrahemisphärischen Verarbeitungstempos ansehen, unabhängig von der Spezialisierung der Hemisphäre. Interessanterweise kamen nämlich bei der Auswertung der Treffer solche Unterschiede in der Asymmetrie zwischen Wörtern und Silben bzw. zwischen vertrauten und seltenen Reizen nicht vor.

Neu ist in dieser Arbeit allerdings der Effekt für die wenig vertrauten sinnfreien Silben, der in der gemeinsamen Analyse der Daten von Experiment I, II und III signifikant wurde. Sie wiesen eine jeweils andere Verarbeitungsasymmetrie auf als die anderen drei Reizklassen. Da dieser Effekt auch in der gemeinsamen Analyse erhalten bleibt und sich nicht signifikant in Abhängigkeit von der Antwortbedingung (keine kleinere Interaktion zwischen Feld, lexikalischer Kategorie und Antwortbedingung) ändert, bleibt also das "Muster" der Asymmetrie für die verschiedenen Reizklassen erhalten, das Verhältnis der Felddifferenzen zueinander. Allerdings scheint bei den Männern in Experiment III das Umschlagen der Asymmetrie wesentlich mit der extrem großen Linksfeldüberlegenheit für wenig vertraute sinnfreie Silben zu-

sammenzuhängen. Da in früheren Arbeiten die Gebräuchlichkeit oder Frequenz immer nur für Wörter kontrolliert war, liegen bisher keine vergleichbaren Ergebnisse in der Literatur vor. Es zeigt sich an dieser unterschiedlichen Asymmetrie für verschiedene Klassen verbaler Stimuli, daß es keinen generellen Grad der Lateralisierung für Sprachreize oder Sprachverarbeitung, wie z.B. lexikalische Entscheidung, gibt, sondern daß die Asymmetrie in Abhängigkeit von bestimmten Eigenschaften der verbalen Reize variiert. Möglicherweise werden wenig vertraute sinnfreie Silben, als in diesem Kontext am wenigsten sprachähnliches Material, schneller oder bevorzugt in der rechten Hemisphäre verarbeitet. Jedenfalls können die Ergebnisse dieser Arbeit wegen dieser Interaktion nicht als Effekt einer generellen Orientierung der Aufmerksamkeit ("orienting of attention") verstanden werden, die ja für alle Reizklassen eine Feldüberlegenheit in der gleichen Richtung bewirken würde, und auch nicht über das herkömmliche Reaktionszeitmodell, das eine solche Variabilität der Reaktionszeitdifferenzen nicht zuläßt.

Zusammenfassend läßt sich also bezüglich der Auswertung der Reaktionszeitdaten sagen, daß sowohl Eigenschaften der Reize, nämlich Bedeutungshaltigkeit und Vertrautheit, als auch das Geschlecht der Versuchspersonen und motorische Anforderungen in Verbindung mit der Antwortreaktion einen signifikanten Einfluß auf die Verarbeitungsasymmetrie bei lexikalischen Entscheidungen hatten. Wesentlich ist, daß nachweislich eine lateralisierte kognitiv/motorische Interferenz auftrat und der Geschlechtsunterschied in der Reaktionszeitasymmetrie dadurch bedingt ist, daß es bei Frauen früher als bei Männern zu einem solchen Interferenzeffekt kommt, daß sie also nicht einfach "weniger asymmetrisch" sind, sondern verglichen mit den Männern eine Phasenverschiebung zeigen. Insofern stützt das Ergebnis eine eher dynamische Konzeption der zerebralen Verarbeitung, wie sie Kinsbourne (z.B. 1980) vertritt, da die herkömmlichen statischen Dichotomien eine solche Veränderung der Asymmetrie bei gleichem Reizmaterial und gleicher Verarbeitungsanforderung nicht erklären können.

5.2 Korrektheit der Antworten und Geschlecht

5.2.1 Motorik-Effekte

Auch die gemeinsame Analyse der Trefferdaten zeigte generell die erwartete Rechtsfeldüberlegenheit, was man als Ausdruck der in vielen Arbeiten demonstrierten linkshemisphärischen Überlegenheit für Sprachverarbeitung allgemein und für lexikalische Entscheidungen im Besonderen ansehen könnte (eine Übersicht bietet Beaumont, 1982). Versuchspersonen, die im Experiment mit der linken Hand reagierten, tendierten zu einer etwas geringeren Asymmetrie, möglicherweise weil diese Art der Reaktion dazu führt, daß etwas mehr Aufmerksamkeit dem linken visuellen Raum zugewandt wird. Ebenso tendierten Frauen zu einer etwas niedrigeren Asymmetrie als Männer.

Der Vergleich der Experimente I, II und III bezüglich der Einwirkung der Antwortmotorik zeigte, daß im zweiten Experiment die Rechtsfeldüberlegenheit verschwindet, sowohl bei Männern als auch bei den Frauen. Allerdings wurde in separaten Analysen diese Interaktion nur für Männer signifikant, bei denen die Änderung extremer war als bei den Frauen. Bei den mit der linken Hand reagierenden Männern kam es sogar zu einer Linksfeldüberlegenheit. Dieser Effekt ist zunächst unerklärlich, da in Experiment III die gewohnte Rechtsfeldüberlegenheit wieder auftritt. Da aber das Muster der Asymmetrieänderungen (vgl. Abb. 15) bei Männern und Frauen sehr ähnlich ist und, während der Erhebung der Daten für Experiment II die Apparatur noch einmal sorgfältig überprüft wurde und zur Vorsicht auch noch eine Versuchsperson mit einfacher Antwortbedingung getestet wurde, die (im Gegensatz zu den meisten Versuchspersonen von Experiment II) die gewohnte Rechtsfeldüberlegenheit zeigte, scheint eine rein zufällige oder auf andere Faktoren als die Antwortbedingung zurückzuführende Änderung unwahrscheinlich. Es besteht auch kein Grund zu erwarten, daß ein linearer Effekt auftreten müßte, also in Experiment II dann für beide Hände eine Linksfeldüberlegenheit.

Außerdem trat eine signifikante Interaktion zwischen den Faktoren lexikalische Kategorie, Hand, Antwortbedingung auf, die zum Aus-

druck bringt, daß unter den stärksten motorischen Anforderungen (Experiment III) Versuchspersonen, die mit der linken Hand reagierten, einen signifikanten Unterschied zwischen der Zahl der richtigen Antworten bei den sinnfreien Silben und bei Wörtern zeigten. Sie hatten mehr Treffer bei Silben als bei Wörtern und dabei im Schnitt mehr Silben korrekt beurteilt als die rechts reagierenden, aber gleichzeitig weniger Wörter als diese. Das könnte Ausdruck der größeren "Anstrengung" sein, mit der diese kompliziertere linkshändige Reaktion für Rechtshänder verbunden ist, die zu größerer Verunsicherung führt und daher zu mehr Silbe- als Wort-Reaktionen, oder auch für eine stärkere Beteiligung der rechten Hemisphäre an der Verarbeitung sprechen.

Im Verlauf des ersten Experimentes trat bereits ein Geschlechtsunterschied auf, nämlich eine signifikante Reduktion der Asymmetrie von der ersten zur zweiten Experimenthälfte hin für die Männer, nicht aber für die Frauen, bei denen eine Tendenz zur Steigerung der Asymmetrie in der zweiten Hälfte bestand. Damit ist die Vermutung Shanons (1979), daß die Asymmetrie erst im Laufe des Experiments entsteht, widerlegt. Außerdem trat bei den mit der rechten Hand reagierenden Männern eine signifikante Leistungssteigerung im Laufe des Experiments auf, möglicherweise ein stimulierender Effekt der Motorik. Aber ein solches Ergebnis müßte natürlich zunächst einmal repliziert werden.

Ein massiver spezieller Einfluß der Antwortreaktion trat in der Stichprobe der Versuchspersonen mit familiärer Linkshändigkeit (Experiment Ia) auf. In diesem Experiment zeigte sich zunächst, daß man auch bei Experimenten mit Rechtshändern die familiäre Linkshändigkeit und das Geschlecht kontrollieren sollte, um die Ergebnisse nicht zu verunklaren. Darauf weisen auch andere neuere Untersuchungen hin (z.B. Spiegler & Yeni-Komshian, 1983; McKeever et al., 1983; Tinkom et al., 1983; Kee et al., 1983). Darüber hinaus zeigte sich aber in der vorliegenden Studie, daß eine kognitiv/motorische Interferenz auftrat, derart, daß Männer, die mit der rechten Hand reagierten, Wörter besser aus dem rechten Feld verarbeiteten (d.h. mehr richtige Antworten gaben) und Silben besser aus dem linken, während Männer, die mit der linken Hand reagierten, das umgekehrte Ergebnis zeigten. Dieses zunächst

unerwartete Resultat ist besonders deshalb erstaunlich, weil nicht ein genereller Anregungs- oder "overload"-Effekt auftrat, sondern ein spezieller, bezogen auf die jeweilige Reizkategorie, und weil außerdem ein Geschlechtsunterschied besteht, da Frauen diese Interaktion nicht zeigten. Wenn auch dieser Effekt unerwartet und der zugrundeliegende Mechanismus noch unklar ist, scheint das Ergebnis doch plausibel, wenn man die Arbeit von Cotton et al. (1980) berücksichtigt, die einen vergleichbar spezifischen Effekt der reagierenden Hand bei Reaktionszeiten nachweisen konnten. Allerdings wird in dieser Arbeit nicht klar, ob die Versuchspersonen familiäre Linkshänder waren bzw. wie viele von ihnen.

5.2.2 Effekte der Reizeigenschaften

Die Haupteffekte für lexikalische Kategorie und Gebräuchlichkeit der Reize waren auch in der gemeinsamen Analyse der drei Experimente sehr stark ausgeprägt. Sie entsprechen in der Richtung Befunden anderer Arbeiten (z.B. Bradshaw & Gates, 1978; Brand et al., 1983). Es wurden mehr richtige Antworten bei sinnfreien Silben gegeben, was wohl damit zusammenhängt, daß bei Unsicherheit der Reiz eher als Nicht-Wort angesehen wird; hoch vertraute Reize werden eher richtig erkannt als seltene; die meisten Fehler wurden bei wenig vertrauten Wörtern gemacht, die man häufig als sinnfreie Silben ansah, jedenfalls unter dem Zeitdruck, unter dem die Entscheidung zu treffen war. Den Versuchspersonen fiel oft unmittelbar, nachdem sie sich falsch entschieden hatten, ein, daß der Reiz doch ein Wort war, und sie äußerten das verbal, d.h. wenn bei dieser Kategorie mehr Fehler gemacht wurden, dann handelte es sich nicht einfach um Zufallsreaktionen, wie sie auch mit geschlossenen Augen hätten getroffen werden können. Es ist zu vermuten, daß ein längerer Suchprozess notwendig wäre, um seltene Wörter als Wörter zu erkennen. Der Zeitdruck in Reaktionszeitexperimenten verleitet möglicherweise hier zu einer vorschnellen Reaktion.

Es trat kein signifikanter Haupteffekt für Geschlecht auf, aber die Frauen tendierten insgesamt gesehen zu etwas mehr korrekten

Antworten, insbesondere bei den Wörtern. Die Feldasymmetrie war bei ihnen weniger stark ausgeprägt als bei den Männern, aber auch dieser Unterschied wurde nicht signifikant. Diese Ergebnisse sind konsistent mit denen anderer Arbeiten (z.B. Bradshaw & Gates, 1978; McKeever & Hoff, 1982). Auffallend war, daß die Frauen der verschiedenen Experimente hinsichtlich der Trefferzahl und Asymmetrie sehr stabil waren, besonders für Experiment I und Ia, d.h. für die Versuchspersonen mit und ohne familiäre Linkshändigkeit, die die gleichen experimentellen Bedingungen hatten, traten übereinstimmende Ergebnisse auf.

Die Analyse der Experimente I, II und III zeigte einen signifikanten Geschlechtsunterschied bezüglich der asymmetrischen Verarbeitung der einzelnen Reizklassen. Frauen verarbeiteten hoch vertraute Wörter und wenig vertraute sinnfreie Silben besser, wenn sie im rechten Feld dargeboten waren, während sie dazu tendierten, wenig vertraute Wörter (im Gegensatz zu den Männern) besser aus dem linken Feld zu verarbeiten. Da, wie bereits erwähnt, bisher keine Untersuchungen vorliegen, in denen die Sprachhäufigkeit oder Vertrautheit auch für sinnfreie Silben kontrolliert gewesen wäre, liegt bisher noch kein paralleler Befund vor. Allerdings trat ein ähnlicher Effekt auch in Experiment Ia, also bei Frauen mit familiärer Linkshändigkeit auf; und eine Arbeit von Barry (1981) brachte einen vergleichbaren unerwarteten Geschlechtsunterschied. Auch bei ihm wurde die Interaktion zwischen Wortklassen, Darbietungsfeld und Geschlecht signifikant (allerdings auf andere Stimuluseigenschaften bezogen), und auch hier trat diese Interaktion nur bei der Auswertung der Treffer, nicht aber bei der Auswertung der Reaktionszeiten auf. Hierin scheint ein quasi "qualitativer" Unterschied zwischen Männern und Frauen zu liegen, der auch unabhängig von den jeweiligen Antwortmodalitäten und von der familiären Händigkeit war. Es ist möglich, daß bei Frauen die Sicherheit der Entscheidung wichtig ist für die Asymmetrie der Verarbeitung, und hoch vertraute Wörter und wenig vertraute sinnfreie Silben sind wahrscheinlich leichter korrekt als Wörter und Nicht-Wörter einzustufen als die anderen beiden Reizkategorien. Die rechte Hemisphäre scheint bei solchen schwierigeren Entscheidungen relativ mehr involviert zu sein, während

eine klare linkshemisphärische Überlegenheit bei den anderen, vermutlich leichter und mit größerer Sicherheit beurteilbaren, Reizkategorien auftrat.

Insgesamt zeigte sich auch bei den Treffern bezüglich der Geschlechtsunterschiede, daß Frauen nicht einfach generell weniger "asymmetrisch" sind oder mehr Sprachverarbeitungskapazität in der rechten Hemisphäre haben, wie einige Autoren vermuten (vgl. McGlone, 1980; Levy & Reid, 1978), sondern zusätzlich zu der Tendenz zur geringeren "overall" Asymmetrie und zu weniger extremen Veränderungen über die Experimente hinweg einen speziell auf die verschiedenen Reizkategorien bezogenen signifikanten Unterschied zu den Männern aufwiesen. Allerdings trat bei der Auswertung der Korrektheit der Antworten weder bezüglich der Feld- noch bezüglich der Handdifferenzen ein Anzeichen für eine "Phasenverschiebung" zwischen Männern und Frauen auf, wie bei den Reaktionszeiten. Auch ein kontinuierlicher Einfluß der Antwortmotorik zeigte sich hier nicht. In diesem Zusammenhang wären natürlich weitere Untersuchungen zur Frage des Verhältnisses von "speed"-"accuracy" in Lateralisierungsstudien notwendig. Jedenfalls wird durch die vorliegenden Ergebnisse klar, daß man nicht so einfach wie bisher Treffer und Reaktionszeit als Indikatoren für dieselben kognitiven Prozesse ansehen kann, z.B. für Hemisphärenspezialisierung bzw. Ort der Verarbeitung, wie es bisher üblich war. Die Asymmetrierichtung war für Reaktionszeiten und Treffer beim gleichen Material und gleicher kognitiver Verarbeitung ungleich, so z.B. bei den wenig vertrauten "Nicht-Wörtern", die zwar schneller aus dem linken visuellen Feld verarbeitet wurden, aber besser aus dem rechten. Auf ähnliche Effekte weisen auch andere neuere Arbeiten hin, wie z.B. Brand et al. (1983), die zu dem Schluß kommen, daß wie erwartet die linke Hemisphäre bessere Leistungen bei lexikalischen Entscheidungen erbringt, daß aber die rechte Nicht-Wörter besser, aber langsamer verarbeitet als Wörter, während dies nicht für die linke Hemisphäre zutraf. Eine Parallele könnte bestehen zwischen derartigen Dissoziationen (Reaktionszeit- und Trefferasymmetrie) und den schon bei Split-Brain-Patienten beobachteten zwischen der für eine bestimmte Aufgabe spezialisier-

ten Hemisphäre und der tatsächlich an der Reaktion und Verarbeitung beteiligten (Levy & Trevarthen, 1976).

Signifikante Geschlechtsunterschiede traten in der vorliegenden Arbeit speziell für das im linken visuellen Feld dargebotene Material auf, d.h. Frauen erzielten mehr Treffer bei sinnvollen Wörtern, insbesondere bei seltenen Wörtern, und Männer mehr bei sinnfreien Silben, die direkt in die rechte Hemisphäre projiziert wurden. Bei den Reizen aus dem rechten visuellen Feld, also denen, die auf direktem Weg die linke Hemisphäre erreichten, trat dagegen kein Geschlechtsunterschied auf (wie auch generell nicht bei der entsprechenden Auswertung der Reaktionszeiten). Hierin könnte man einen Hinweis darauf sehen, daß der Geschlechtsunterschied bezüglich der Hemisphärenspezialisierung für Sprachverarbeitung speziell die rechte Hemisphäre betrifft, was sich auch schon bei auditiver Reizdarbietung in einer elektrophysiologischen Arbeit mit Kindern gezeigt hatte (Molfese & Hess, 1978).

Allgemein entsprechen die Ergebnisse für Wörter und Nicht-Wörter wie auch für hoch vertraute und wenig vertraute verbale Reize dem bereits in der Literatur berichteten (Brand et al., 1983; Babkoff et al, 1983) und auch Befunden mit hemisphärektomierten Patienten und linkshemisphärisch geschädigten (vgl. Bradshaw, 1980). Es bestand eine Tendenz, sinnvolles verbales Material stärker asymmetrisch zu verarbeiten als sinnfreies,und hochvertrautes Material war stärker rechtsfeldüberlegen als wenig vertrautes (vgl. auch Leiber, 1976; Patterson & Marcel, 1977; Bradshaw et al., 1979; Day, 1979; Shanon, 1979).

5.3 Schlußbemerkung

Abschließend ist also festzustellen, daß die Ergebnisse der vorliegenden Experimente allgemein ein eher dynamisches Konzept der zerebralen Verarbeitung bei gesunden Versuchspersonen stützen, wie erstmals von Kinsbourne (1970, später, etwas verändert, Kinsbourne & Hicks, 1978) vorgeschlagen und auch in neueren anderen Arbeiten vertreten (Levy, 1983; Friedman et al., 1982). Von den klassischen dichotomen Theorien der Hemisphärenspezialisierung her sind die Ergebnisse nicht vorhersagbar. Überlegungen zur "metacontrol" in der Split-Brain-Forschung (z.B. Levy & Trevarthen, 1976) wiesen auch schon in die Richtung einer veränderlichen Hemisphärenaktivierung, was aber in normative Studien keinen Eingang fand. Neu ist in der vorliegenden Untersuchung, daß es sich nicht um einen "dual task" im herkömmlichen Sinne handelt, bei dem zwei Aufgaben von der Versuchsperson zur gleichen Zeit ausgeführt werden (vgl. Rizzolatti et al., 1979; Lomas & Kimura, 1976; Kinsbourne, 1970), sondern eigentlich um ein gewöhnliches Experiment mit visueller Halbfelddarbietung, in dem lediglich eine lexikalische Entscheidung gefordert wurde und eine motorische Reaktion, die das Ergebnis dieser Entscheidung ausdrückt, und schließlich, daß Geschlechtsunterschiede auf dem Hintergrund einer solchen nicht statischen Vorstellung der zerebralen Organisation untersucht werden. Das Ergebnis zeigt, daß die visuokognitive Verarbeitung und die motorische Antwortreaktion intrahemisphärisch interferieren können, obwohl sie sowohl in der allgemeinen Psychologie als auch in der Neuropsychologie als unabhängig und zeitlich additiv angesehen werden, weshalb man auch glaubt, die "output-Seite" in Experimenten vernachlässigen zu können.

Die Technik der visuellen Halbfelddarbietung wie auch die des dichotischen Hörens wirft spezielle Probleme auf. Einerseits ist die Interpretation der Ergebnisse schwierig, da man schließlich nur die Wahrnehmungsasymmetrie messen kann und von ihr nicht ohne weiteres auf die Hemisphärendominanz schließen kann, da in der Regel viele andere Variablen konfundiert sind (z.B. Aufmerksamkeitsrichtung, Leserichtung). Andererseits (oder deswegen)

scheinen diese Maße eine niedrige Reliabilität zu haben. Beim dichotischen Hören wechseln 30% der Versuchspersonen die Asymmetrierichtung (Pizzamiglio et al, 1974; Blumstein et al, 1975). Allerdings konnte Bryden (1978) zeigen, daß auch unter Kontrolle der Aufmerksamkeitsrichtung der Lateralitätseffekt erhalten blieb. Die Methode der visuellen Halbfelddarbietung soll noch unreliabler sein (Hines & Satz, 1974). Daher ist auch kaum ein Zusammenhang zwischen dichotischem Hören und visueller Asymmetrie zu erwarten (Schwarz, 1970; Bryden, 1973; Hines & Satz, 1974; Hellige et al., 1981). Ein Problem dieser Methoden besteht meiner Meinung nach darin, daß zwar der Reiz zunächst nur an eine Hemisphäre geleitet wird, aber die Möglichkeit der interhemisphärischen Kommunikation bei nicht zeitbegrenzten Verarbeitungen letztlich nicht ausgeschlossen ist. Ein günstigeres Maß für Asymmetrie bietet daher die Reaktionszeitmessung ("speeded reactions") in Verbindung mit visueller Halbfelddarbietung. Da aber die Hemisphärendominanz im gleichen kognitiven Test fluktuieren kann, wie die vorliegende Arbeit zeigt, werden nicht nur solche Meßprobleme erklärlich, sondern dies scheint sogar von besonderer theoretischer Relevanz zu sein. Änderungen der Asymmetrierichtung sind in diesem Zusammenhang nicht einfach als Ausdruck unreliabler Messungen anzusehen, sondern als Indikator der tatsächlichen Fluktuationen in der hemisphärischen Beteiligung an der Verarbeitung, d.h. das zu messende Phänomen fluktuiert. Die systematische Abhängigkeit der Asymmetrieveränderungen der Reaktionszeiten der vorliegenden Experimente von den Anforderungen der Antwortreaktion und die Asymmetrieänderungen im Verlauf des ersten Experimentes belegen dies.

Leider ist über den zerebralen Ort der Verknüpfung zwischen der Verarbeitung visueller Reize und der daraufhin erfolgenden Reaktion noch wenig bekannt, so daß auch zunächst unklar bleibt, welche Hirnbezirke an dieser Interferenz beteiligt sind. Es ist aber zu vermuten, daß die "supplementary motor area" damit zu tun hat, die an der Vorplanung von motorischen willentlichen Reaktionen beteiligt ist (vgl. Eccles, 1982; Deecke & Kornhuber, 1978). Die "prämotorische" Region kommt als Ort der Interferenz in Frage (vgl. Rizzolatti et al., 1979), da die Interferenz la-

teralisiert ist (Felddifferenz) und nicht einfach eine allgemeine Verlangsamung der Reaktionen mit der rechten Hand auftritt unabhängig vom Darbietungsfeld. Weiteren Aufschluß über den "Ort" der Interferenz könnten elektrophysiologische Untersuchungen liefern. Arbeiten zum Bereitschaftspotential (z.B. Deecke et al., 1969), die eine Aktivierung im Cortex lange vor der motorischen Reaktion demonstrierten, sehe ich als einen Beleg dafür an, daß schon zeitlich gesehen visuo-kognitive Verarbeitung und motorische Vorplanung koinzidieren können, jedenfalls bei "speeded reactions".

Darüberhinaus zeigte die vorliegende Untersuchung erstmals, daß der Geschlechtsunterschied in der Reaktionszeitasymmetrie darin zu bestehen scheint, daß die kognitiv/motorische Interferenz bei Frauen früher auftritt als bei Männern, daß es also keinen grundsätzlichen Geschlechtsunterschied in der Hemisphärenbeteiligung gab, sondern nur eine Art Phasenverschiebung. Bei Experimenten, in denen die Anforderungen an die Antwortmotorik wie gewöhnlich nicht kontrolliert sind, kann also je nach Status der "unsichtbaren" kognitiv/motorischen Interferenz ein Geschlechtsunterschied auftreten (wie hir in Experiment I) oder auch nicht (wie in Experiment II). Die Tatsache, daß der Geschlechtsunterschied mit lateralisierter kognitiv/motorischer Interferenz zu tun hat, ist also vermutlich zumindest für einen Teil der inkonsistenten Befunde bezüglich Geschlechtsunterschieden in der Lateralisierung verantwortlich, da praktisch bei allen Experimenten (vgl. Kap. 2) irgendeine Form der motorischen Reaktion gefordert ist.

Die Änderungen in der Trefferasymmetrie sind weniger leicht interpretierbar. Hier wären noch weitere Untersuchungen nötig, auch zur Klärung des Verhältnisses dieser beiden Maße zueinander, die sicher nicht, wie bisher implizit üblich, als Indikator für das gleiche, nämlich Hemisphärenspezialisierung bzw. den zerebralen Ort der Reizverarbeitung, angesehen werden können. Jedenfalls scheint es bei der Untersuchung von zerebraler Asymmetrie angemessener zu sein, eine Art Doppelkonzept der zerebralen Organisation anzunehmen, nämlich eine gegebene funktionale Hemisphärenspezialisierung und eine fluktuierende Hemisphärenaktivierung, wobei die Spezialisierung vielleicht eher in "accuracy"-Maßen zum

Ausdruck kommt und die Aktivierung sich z.B. in den Latenzen niederschlagen könnte. Interindividuelle Unterschiede, wie die hier untersuchten Geschlechtsunterschiede, könnten dabei wesentlich durch Unterschiede in der Asymmetrie der Hemisphärenaktivierung begründet sein (vgl. Sackheim et al., 1984),und die experimentellen Ergebnisse zu Geschlechtsunterschieden (vgl. Kap. 2) könnte durch solche Einflüsse verunklart sein.

Bei der Auswertung der Korrektheit der Antworten trat ein Geschlechtsunterschied in der Asymmetrie auf, der unabhängig von der Antwortmotorik war: Frauen verarbeiteten hoch vertraute Wörter und wenig vertraute sinnfreie Silben besser aus dem rechten als aus dem linken visuellen Feld und die beiden anderen Reizklassen nicht asymmetrisch bzw. wenig gebräuchliche Wörter besser aus den linken Feld. Männer zeigten diese Interaktion nicht. Vermutlich kommen hier bei Frauen andere Einflüsse hinzu, z.B. subjektive Sicherheit bei der Entscheidung, Schwierigkeit der Entscheidung, die für die Asymmetrie relevant sind.

Insgesamt stimmen die vorliegenden Ergebnisse bezüglich der Korrektheit der Antworten der Tendenz nach mit der Position überein: Es gibt Geschlechtsunterschiede in der Lateralisierung, Frauen sind weniger asymmetrisch. Aber im Detail zeigt sich, insbesondere auch bei den Reaktionszeiten, daß die Unterschiede, wie auch die Messung der Verarbeitungsasymmetrie und das Erschließen der zugrundeliegenden hemisphärischen Aktivität wesentlich komplizierter sind als die klassischen statischen Dichotomien annehmen, da die Antwortmotorik im Experiment einen lateralisierten Einfluß auf das Ergebnis hat.

6 Anmerkungen

1. Eine Ausnahme ist die Arbeit von Hatta & Minagawa (1982), die zwar bei einem verbalen Test keinen Geschlechtsunterschied fand, wohl aber bei einem "spatial" Test.

2. Der Begriff "attention" (Aufmerksamkeit) erscheint in diesem Zusammenhang mißverständlich, da die Aufmerksamkeit bei lateraler Reizdarbietung innerhalb gewisser Grenzen auch willentlich unterschiedlich verteilt werden kann. Was Kinsbourne meint, scheint aber eher eine Art unbewußt und unwillentlich auftretendes "arousal" (Aktivierung) zu sein. Die Begriffe werden jedoch nicht klar definiert.

3. Intraindividuell scheint hier nicht sinnvoll zu sein, da dies häufige Wiederholung der gleichen Reize erfordert, was nicht nur die Verarbeitung allgemein beeinflußt, sondern vermutlich auch die Asymmetrie, und zwar wahrscheinlich bei Männern und Frauen in unterschiedlicher Weise, was bei dieser Fragestellung vermieden werden sollte.

4. Die folgenden Überlegungen zum Reaktionszeitmodell bauen auf Moscovitch (1973) und Wittling (1973) auf.

5. Da diese Transmissionszeiten im Bereich einiger Millisekunden liegen müßten, ist es verständlich, daß Unterschiede darin kaum auftreten können, und wenn, dann selten signifikant werden, weil eine sehr große Zahl von Messungen nötig wäre, die man bei derartigen kognitiven Experimenten kaum erreichen kann. Die experimentell ermittelten Reaktionszeitdifferenzen sind aber oft unerklärlich hoch.

6. Publiziert als Heister, Kolbert & Hofmeister (1983).

7. Publiziert als Heister (1983).

8. Teilweise publiziert als Heister (1984b). Die eigentliche Reihenfolge, in der die Experimente durchgeführt wurden, war: Experiment I, Experiment III, Experiment II. D.h., nachdem sich bei dreimal Tasten ein Umschlagen der Asymmetrie gezeigt

hatte, wurde versucht festzustellen, ob dieses Umschlagen systematisch ist, d.h. ob ein Experiment mit zweimal Tasten eine mittlere, also geringere Asymmetrie liefert. Die Darstellung in dieser Arbeit folgt einer anderen Reihenfolge, nämlich einmal, zweimal, dreimal Tasten, um den Leser nicht zu sehr zu verwirren.

9. Publiziert als Heister (1984a).

10. Die Ergebnisse sind in statistischer Hinsicht mit gewisser Vorsicht zu betrachten, da insgesamt (wie schon generell bei komplizierten Varianzanalysen) viele Signifikanztests mit dem gleichen Datenmaterial gerechnet wurden, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit erhöht, daß ein Vergleich durch Zufall signifikant wird, obwohl kein wahrer Unterschied vorliegt. Die Wahrscheinlichkeit, daß mindestens einer von K Tests eine fälschliche Signifikanz auf dem Niveau α zeigt, ist $1 - (1 - \alpha)^K$. Diese ist für kleines α nahezu gleich $K\alpha$; d.h., wenn die Zahl der Tests steigt, steigt auch die Wahrscheinlichkeit des Auftretens mindestens eines fälschlich signifikanten Ergebnisses (vgl. Hays, 1970, S. 488). Mann sollte daher einzelne signifikante Ergebnisse nicht überinterpretieren bzw. nur dann als bedeutsam ansehen, wenn sie durch die Theorie inhaltlich gestützt sind. Außerdem sind die für die experimentelle Fragestellung wesentlichen Ergebnisse dieser Arbeit mindestens auf dem 4%-Niveau signifikant.

11. Die Ergebnisse bezüglich der einzelnen Reizkategorien sollten mit Vorsicht betrachtet werden, da für die einzelnen Stimuluskategorien natürlich die Zahl der Messungen relativ gering ist, insbesondere bei solchen mit höherer Fehlerzahl, was auch mit dem generellen Problem zusammenhängt, im gleichen Experiment Reaktionszeiten und Trefferraten auszuwerten, was sich methodisch fast gegenseitig ausschließt. Diese Probleme sollten aber hier wegen des theoretischen Interesses in Kauf genommen werden.

7 Literaturverzeichnis

ANDREWS, R.J. (1977). Aspects of language lateralization correlated with familial handedness. Neuropsychologia, 15, 769-778.

BABKOFF, H. & BEN-URIAH, Y. (1983). Lexical decision time as a function of visual field and stimulus probability. Cortex, 19, 13-30.

BABKOFF, H., BEN-UHRIAH, Y, & ELIASHAR, S. (1980). Grammatical decision time and visual hemifield stimulation. Cortex, 16, 575-586.

BAKKER, D.J., HOEFKENS, M. & VAN DER FLUGT, H. (1979). Hemispheric specialization in children as reflected in the longitudinal development of ear asymmetry. Cortex, 15, 619-625.

BARRY, C. (1981). Hemispheric asymmetry in lexical access and phonological encoding. Neuropsychologia, 19, 473-478.

BASHORE, T.R. (1981). Vocal and manual reaction time estimates of interhemispheric transmission time. Psychological Bulletin, 89, 352-368.

BASSER, L. (1962). Hemiplegia of early onset and the faculty of speech with special reference to hemispherectomy. Brain, 85, 427-460.

BASSO, A., CAPITANI, E. & MORASHINI, S. (1982). Sex differences in recovery from aphasia. Cortex, 18, 469-476.

BASSO, A., CAPITANI, E., LAIACONA, M. & LUZZATTI, C. (1980). Factors influencing type and severity of aphasia. Cortex, 16, 631-636.

BAUER, D.W. & MILLER, J. (1982). Stimulus-response compatibility and the motor system. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 34A, 367-380.

BEAUMONT, J.G. (Ed.) (1982). Divided Visual Field Studies of Cerebral Organisation. London: Academic Press.

BEAUMONT, J.G. & MAYES, A. (1977). Do task and sex differences influence the visual evoked potential? Psychophysiology, 14, 545-550.

BENBOW, C.P. (1983). Environmental and biological correlates of the sex difference in mathematical reasoning ability. Vortrag, 13th International Summer School of Brain Research, 22-26 August 1983, Amsterdam.

BENBOW, C.P. & STANLEY, J.C. (1980). Sex differences in mathematical ability: fact or artifact? Science, 210, 1262-1264.

BENBOW, C.P. & STANLEY, J.C. (1983). Sex differences in mathematical reasoning ability: more facts. Science, 222, 1029-1031.

BEVER, T.G. (1975). Cerebral asymmetries in humans are due to the differentiation of two incompatible processes: holistic and analytic. In: D. Aaronson & R.W. Rieber (Eds.), Developmental Psycholinguistics and Communication Disorders. Annals of the New York Academy of Sciences, Vol. 263. New York, 251-262.

BEVER, T.G. & CHIARELLO, R.J. (1974). Cerebral dominance in musicians and non-musicians. Science, 185, 537-539.

BINDEL, R.W. (1979). Lateralitaet, Geschlecht und Intelligenzstruktur. Eine empirische Untersuchung bei Grundschulkindern. Frankfurt: R.G. Fischer.

BIRKETT, P. (1977). Measures of laterality and theories of hemispheric process. Neuropsychologia, 15, 693-696.

BIRKETT, P. (1981). Hemispheric asymmetry for classifying upright and inverted letter pairs: handedness and sex differences. Neuropsychologia, 19, 713-717.

BISIACH, E., MINI, M., STERZI, R. & VALLAR, G. (1982). Hemispheric lateralization of the decisional stage in choice reaction times to visual unstructured stimuli. Cortex, 18, 191-198.

BLUMSTEIN, S. & COOPER, W.E. (1974). Hemispheric processing of intonation contoures. Cortex, 10, 146-158.

BLUMSTEIN, S., GOODGLASS, H. & TARTTER, V. (1975). The reliability of ear advantage in dichotic listening. Brain and Language, 2, 226-236.

BOCK, R.D. & KOLAKOWSKI, D. (1973). Further evidence of sex-linked major gene influence on human visualizing ability. American Journal of Human Genetics, 25, 1-14.

BOGEN, J.E. (1969). The other side of the brain. II: An appositional mind. Bulletin of the Los Angeles Neurological Societies, 34, 135-162 (zitiert nach McGlone 1980).

BOLES, D.B. (1983). Hemispheric interaction in visual field asymmetry. Cortex 19, 99-114.

BOROD, J., OBLER, L., ALBERT, M. & STIEFEL, S. (1983). Lateralization for pure tone perception as a function of age and sex. Cortex, 19, 281-285.

BRADSHAW, G.J., HICKS, R.E. & ROSE, B. (1979). Lexical discrimination and letter string identification in the two visual fields. Brain and Language, 8, 10-18.

BRADSHAW, J.L. (1980). Right-hemisphere language: familial and nonfamilial sinistrals, cognitive deficits and writing hand position in sinistrals, and concrete-abstract, imageable-nonimageable dimensions in word recognition. A review of interrelated issues. Brain and Language, 10, 172-188.

BRADSHAW, J.L. & GATES, E.A. (1978). Visual field differences in verbal tasks: effects of task familiarity and sex of subject. Brain and Language, 5, 166-187.

BRADSHAW, J.L., BRADLEY, D., GATES, A. & PATTERSON, K. (1977). Serial, parallel or holistic identification of single words in the two visual fields? Perception and Psychophysics, 21, 431-438.

BRADSHAW, J.L., GATES, E.A & NETTELTON, N.C. (1976). Bihemispheric involvement in lexical decisions: handedness and a possible sex difference. Neuropsychologia, 15, 277-286.

BRAND, N., VAN BEKKUM, I., STUMPEL, M. & KROEZE, J.H.A. (1983). Word matching and lexical decisions: a visual half-field study. Brain and Language, 18, 199-211

BRIGGS, G.G. & NEBES, R.D. (1976). The effects of handedness, family history and sex on the performance of a dichotic listening task. Neuropsychologia, 14, 129-133.

BRINKMAN, J. & KUYPERS, H.G.J.M. (1973). Cerebral control of contralateral and ipsilateral arm, hand and finger movements in the split-brain rhesus monkey. Brain 96, 653-674.

BROVERMAN, D.M., KLAIBER, E.L., KOBAYASHI, Y. & VOGEL, W. (1968). Roles of activation and inhibition in sex differences in cognitive abilities. Psychological Review, 75, 23-49.

BRYDEN, M.P. (1965). Tachistoscopic recognition, handedness, and cerebral dominance. Neuropsychologia, 3, 1-8.

BRYDEN, M.P. (1973). Perceptual asymmetry in vision: relation to handedness, eyedness, and speech lateralitation. Cortex, 9, 418-432.

BRYDEN, M.P. (1978). Strategy effects in the assessment of hemispheric asymmetry. In: G. Underwood (Ed.), Strategies of Information Processing. London & New York: Academic Press, 117-149.

BRYDEN, M.P. (1979). Evidence for sex-related differences in cerebral organization. In: M.A. Witting & A.L. Petersen (Eds.), Sex-Related Differences in Cognitive Functioning. New York: Academic Press.

BRYDEN, M.P. (1982). Laterality, Functional Asymmetry in the Intact Brain. New York, London: Academic Press.

BRYDEN, M.P. & ALLARD, F.A. (1981). Do auditory perceptual asymmetries develop? Cortex, 17, 313-318.

BUCHSBAUM, S., HENKIN, R.I. & CHRISTIANSEN, L. (1974). Age and sex differences in averages evoked responses in a normal population, with observations on patients with gonadal dysgenesis. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 37, 137-144.

BUFFERY, A.W. (1973). Sex differences in lateralization and cognitive growth. Bulletin of the British Psychological Society, 26, 136-137.

BUFFERY, A.W.H. & GRAY, J.A. (1972). Sex differences in the development of spatial and linguistic skills. In: C. Ounsted & D.C. Taylor (Eds.), Gender Differences: Their Ontogeny and Significance. London: Churchhill Livingstone.

CAPLAN, D., HOLMES, J.M. & MARSHALL, J.C. (1974). Word classes and hemispheric specialization. Neuropsychologia, 12, 331-337.

CARTER, R.L., HOHENEGGER, M.K. & SATZ, P. (1982). Aphasia and speech organization in children. Science, 218, 797-799.

COHEN, G. (1972). Hemisphere differences in a letter classification task. Perception and Psychophysics, 11, 139-142.

COHEN, G. (1982). Theoretical interpretations of lateral asymmetries. In: Beaumont 1982, 87-111.

CORBALLIS, M.C. & MORGAN, M.J. (1978). On the biological basis of human laterality: I. Evidence for a maturational left-right gradient. Behavioral and Brain Sciences, 1, 261-269.

COTTON, B., TZENG, O.J.L. & HARDYCK, C. (1980). Role of cerebral hemispheric processing in the visual half-field stimulus-response compatibility effect. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 6, 13-23.

DAVIDSON, R.J., SCHWARTZ, G.E., PUGASH, E. & BROMFIELD, E. 1976). Sex differences in patterns of EEG asymmetry. Biological Psychology, 4, 119-138.

DAY, J. (1977). Right-hemisphere language processing in normal right handers. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 3, 518-528.

DAY, J. (1979). Visual half-field word recognition as a function of syntactic class and imageability. Neuropsychologia, 17, 515-519.

DEAKIN, J.F.W. & EXLEY, K.A. (1979). Personality and male-female influences on the EEG alpha rhythm. Biological Psychology, 8, 285-290.

DEECKE, L. & KORNHUBER, H.H. (1978). An electrical sign of the participation of the mesial 'supplementary' motor cortex in human voluntary finger movements. Brain Research, 159, 473-476.

DEECKE, L., SCHEID, P. & KORNHUBER, H.H. (1969). Distribution of readiness potential, pre-motion positivity, and motor potential of the human cerebral cortex preceding voluntary finger movements. Experimental Brain Research, 7, 158-168.

DEMAREST, L. & DEMAREST, J. (1981). The interaction of handedness, familial sinistrality and sex on the performance of a dichotic listening task. International Journal of Neuroscience, 14, 7-13.

DERENZI, E., FAGLIONI, P. & FLORARI, P. (1980). The influence of sex and age on the incidence and type of aphasia. Cortex, 16, 627-630.

DIXON, W.J. (ED.) (1977). BMDP-77. Biomedical Computer Programs P-Series. Berkeley: University of California Press.

DROZDENKO, R.G. (1979). The visual evoked potential and the process of selective attention under conditions of simultaneous bilateral stimulation. International Journal of Neuroscience, 8, 225-232.

ECCLES, J.C. (1982). The initiation of voluntary movements by the supplementary motor area. Archiv fuer Psychiatrie und Nervenkrankheiten, 231, 423-441.

EFFRON, R. (1963). The effect of handedness on the perception of symmetry and temporal order. Brain, 86, 261-284.

EHRLICHMAN, H.J. (1971). Hemispheric functioning and individual differences in cognitive abilities. Ph.D. thesis, New School for Social Research (Diss. Abstr. Intern. 2319-B).

ELLIS, A.W. & YOUNG, A.W. (1981). Visual hemifield asymmetry for naming concrete nouns and verbs in children between seven and eleven years of age. Cortex, 17, 617-624.

ELLIS, H.D. & SHEPHERD, J.W. (1974). Recognition of abstract and concrete words presented in left and right visual fields. Journal of Experimental Psychology, 103, 1035-1036.

ELMAN, J.L., TAKAHASHI, K. & TOHSAKU, Y.-H. (1981). Lateral asymmetries for the identification of concrete and abstract Kanji. Neuropsychologia, 19, 407-412.

FABER-CLARK, M.M. & MOORE, W.H. (1983). Sex, task and processing strategy effects in hemispheric alpha asymmetries for the recall and recognition of arousal words: results from perceptual and motor tasks in males and females. Brain and Cognition, 2, 233-250.

FAIRWEATHER, H. (1976). Sex differences in cognition. Cognition, 4, 231-280.

FAIRWEATHER, H. (1982). Sex differences: little reason for females to play midfield. In Beaumont (Ed.) 1982.

FEHLOW, P. (1978). Reifungs- und geschlechtsspezifische Besonderheiten des Hirnstrombildes. Zeitschrift fuer aerztliche Fortbildung, 72, 268-271.

FILBY, R.A. & GAZZANIGA, M.S. (1969). Splitting the normal brain with reaction time. Psychonomic Science, 17, 335-336.

FITTS, P.M. & SEEGER, C.M. (1953). S-R compatibility: spatial characteristics of stimulus and response codes. Journal of Experimental Psychology, 46, 199-210.

FRIEDL, W. & VOGEL, F. (1979). Geschlechtsunterschiede im normalen Ruhe-EEG bei jungen Erwachsenen. Zeitschrift fuer EEG-EMG, 10, 70-79.

FRIEDMAN, A., POLSON, M.C., DAFOE, D.G. & GASKILL, S.J. (1982). Dividing attention within and between hemispheres: testing a multiple resources approach to limited-capacity information processing. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 8, 625-650.

GALE, A., BROWN, A., OSBORNE, K. & SMALLBONE, A. (1978). Further evidence of sex differences in brain organisation. Biological Psychology, 6, 203-208.

GALIN, D., OORNSTEIN, R., HERRON, J. & JOHNSTONE, J. (1982). Sex and handedness differences in EEG measures of hemispheric specialization. Brain and Language, 16, 19-55.

GAZZANIGA, M.S. (1970). The Bisected Brain. New York: Appleton-Century-Crofts.

GAZZANIGA, M.S. (1975). Partial commissurotomy and cerebral localization of function. In: K.J. Zuelch, O. Creutzfeldt & G. C. Galbraith (Eds.), Cerebral Localization, Berlin: Springer, 133-143.

GAZZANIGA, M.S. & HILLYARD, S.A. (1971). Language and speech capacity of the right hemisphere. Neuropsychologia, 9, 273-280.

GAZZANIGA, M.S., BOGEN, J.E. & SPERRY, R.W. (1967). Dyspraxia following division of the cerebral commissures. Archives of Neurology, 16, 606-612.

GEFFEN, G. & TRAUB, E. (1980). The effects of duration of stimulation, preferred hand and familial sinistrality in dichotic monitoring. Cortex, 16, 83-94.

GESCHWIND, N. (1970). The organization of language and the brain. Science, 170, 940-944.

GESCHWIND, N. (1980). Some comments on the neurology of language. In: D. Caplan (Ed.), Biological Studies of Mental Processes. Cambridge Mass.: MIT Press.

GLASS, A.V., GAZZANIGA, M.S. & PREMACK, D. (1973). Artificial language training in global aphasics. Neuropsychologia, 11, 95-103.

GOODGLASS, H. & QUADFASEL, F.A. (1954). Language laterality in left handed aphasics. Brain, 77, 521-548.

GORDON, D.P. (1983). The influence of sex on the development of lateralization of speech. Neuropsychologia, 21, 139-146.

GORDON, H.W. (1978). Left hemisphere dominance for rhythmic elements in dichotically-presented melodies. Cortex, 14, 58-70.

GORSKI, R.A. (1984). Critical role for the medial preoptic area in the sexual differentiation of the brain. In: G.J. de Vries, J.P.C. de Bruin, H.B.M. Uylings & M.A. Corner (Eds.), Sex Differences in the Brain - The Relation between Structure and Function. Progress in Brain Research, Vol. 61, Amsterdam: Elsevier.

GRABOW, J.D., ARONSON, A.E., GREENE, K.L. & OFFORD, K.P. (1979). A comparison of EEG activity in the left and right cerebral hemispheres by power-spectrum analysis during language and non-language tasks. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 47, 460-472.

GRAVES, R., LANDIS, T. & GOODGLASS, H. (1981). Laterality and sex differences for visual recognition of emotional and non-emotional words. Neuropsychologia, 19, 95-102.

GROSS, M.M. (1972). Hemispheric specialization for processing of visually presented verbal and spatial stimuli. Perception and Psychophysics, 12, 357-363.

GUR, R.C., GUR, R.E., ROSEN, A.D., WARACH, S., ALAVI, A., GREENBERG, J. & REIVICH, M. (1983). A cognitive-motor network demonstrated by positron emission tomography. Neuropsychologia, 21, 601-606.

HANNAY, H.J. (1976). Real or imagined incomplete lateralisation of function in females? Perception and Psychophysics, 19, 349-352.

HANNAY, H.J. & MALONE, D.R. (1976a). Visual field effects and short-term memory for verbal material. Neuropsychologia, 14, 203-209.

HANNAY, H.J. & MALONE, D.R. (1976b). Visual field recognition memory for right-handed females as a function of familial handedness. Cortex, 12, 41-48.

HARASYMIO, S.J., HALPER, A. & SUTHERLAND, B. (1981). Sex, age, and aphasic type. Brain and Language, 12, 190-198.

HARDYCK, C. (1977). A model of individual differences in hemispheric functioning. In: H. Whitaker & H.A. Whitaker (Eds.), Studies in Neurolinguistics, Vol. 3. New York: Academic Press., 223-255.

HARDYCK, C. & PETRINOVICH, L.F. (1977). Left handedness. Psychological Bulletin, 84, 385-404.

HARDYCK, C., TZENG, O.L. & WANG, W.S.T (1978). Cerebral lateralization of function and bilingual decision processes: is thinking lateralized? Brain and Language, 5, 56-71.

HARLAN, R.E., GORDON, J.H. & GORSKI, R.A. (1979). Sexual differentiation of the brain: implications for neuroscience. Reviews of Neuroscience (ed. by D.M. Schneider, New York: Raven Press), Vol. 4, 31-71.

HARRIS, L.J. (1978). Sex differences in spatial ability: possible environmental, genetic and neurological factors. In Kinsbourne (Ed.) 1978.

HARTJE, W. (1982). Funktionelle Spezialisierung der Grosshirnhemisphaeren. In: K. Poeck (Hrsg.), Klinische Neuropsychologie. Stuttgart: Thieme.

HATTA, T. (1977). Recognition of Japanese Kanji in the left and right visual fields. Neuropsychologia, 15, 685-688.

HATTA, T. & DIMOND, S.J. (1980). Comparison of lateral differences for digit and random form recognition in Japanese and Westerners. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 6, 368-374.

HATTA, T. & MINAGAWA, N. (1982). Sex differences in hemispheric function: implications from a hemispheric time sharing task. International Journal of Neuroscience, 16, 227-230.

HAYNES, W.O. & MOORE, W.H. (1981). Sentence imagery and recall: an electroencephalographic evaluation of hemispheric processing in males and females. Cortex, 17, 49-62.

HAYS, W.L. (1970). Statistics. London: Holt, Rinehart and Winston.

HECAEN, H. & AJURIAGUERRA, J. (1964). Left-handedness: manual superiority and cerebral dominance. New York: Grune & Stratton.

HECAEN, H. & SANGUET, J. (1971). Cerebral dominance in left-handed subjects. Cortex, 7, 19-48.

HEESCHEN, C. (1979). On the representation of classificatory and propositional lexical relations in the human brain. In: R. Baeuerle, U. Egli & A. v. Stechow (Eds.), Semantics from Different Points of View, Berlin.

HEISTER, G. (1982). Sex differences in verbal fluency: a short note. Current Psychological Research, 2, 257-260.

HEISTER, G. (1983). Visual half-field superiority for righthanders with familial sinistrality: sex differences and cognitive/motor interference in a lexical decision task. International Journal of Neuroscience, 19, 293-308.

HEISTER, G. (1984a). Sex differences and cognitive/motor interference with visual half-field stimulation. Neuropsychologia, 22, 205-214.

HEISTER, G. (1984b). Sex differences in visual half-field superiority as a function of responding hand and motor demands. In: G.J. de Vries, J.P.C. de Bruin, H.B.M. Uylings & M.A. Corner (Eds.), Sex Differences in the Brain - The Relation between Structure and Function. Progress in Brain Research, Vol. 61. Amsterdam: Elsevier, 457-468.

HEISTER, G. (1985). Does stimulus-response compatibility affect divided visual field studies of cerebral lateralization? (Submitted for publication)

HEISTER, G. & SCHROEDER-HEISTER, P. (1984). A note on location of the decisional stage of choice reactions in the left hemisphere. Cortex, 20, 271-276.

HEISTER, G. & SCHROEDER-HEISTER, P. (1985). S-R compatibility effect or cerebral laterality effect? Comments on a controversy. Neuropsychologia, 23, 427-430.

HEISTER, G. & SHIINA, K. (1984). Processing of radially presented single letters: effects of handedness and sex of subjects. Abstract. The INS Bulletin, March 1984, 24.

HEISTER, G., KOLBERT, C. & HOFMEISTER, K. (1983). Sex differences and asymmetry of lexical processing: effects of responding hand, stimulus familiarity and intraexperimental experience. International Journal of Neuroscience, 21, 1-14.

HELLIGE, J.B. (1975). Hemispheric processing differences revealed by differential conditioning and reaction time performance. Journal of Experimental Psychology: General, 104, 309-326.

HELLIGE, J.B. & COX, P.J. (1976). Effects of concurrent verbal memory on recognition of stimuli from the left and right visual fields. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 2, 210-221.

HELLIGE, J.B., COX, P.J. & LITVAC, L. (1979). Information processing in the cerebral hemispheres: selective hemispheric activation and capacity limitations. Journal of Experimental Psychology: General, 108, 251-279.

HELLIGE, J.B., ZATKIN, J.L. & WONG, T.M. (1981). Intercorrelation of laterality indices. Cortex, 17, 129-134.

HIGGENBOTTAN, J.A. (1973). Relationships between sets of lateral and perceptual preference measures. Cortex, 9, 403-410.

HINES, D. (1976). Recognition of verbs, abstract nouns, and concrete nouns from the left and right visual half-fields. Neuropsychologia, 14, 211-216.

HINES, D. (1977). Differences in tachistoscopic recognition between abstract and concrete words as a function of visual half-field and frequency. Cortex, 13, 66-73.

HINES, D. & SATZ, P. (1971). Superiority of right visual half-fields in right-handers for recall of digits presented at varying rates. Neuropsychologia, 9, 21-25.

HINES, D. & SATZ, P. (1974). Cross-modal asymmetries in perception related to asymmetry in cerebral function. Neuropsychologia, 12, 239-247.

HINES, M. (1982). Prenatal gonadal hormones and sex differences in human behavior. Psychological Bulletin, 92, 56-80.

HIRSHKOWITZ, M., EARLE, J. & PALEY, B. (1978). EEG alpha asymmetry in musicians and non-musicians: a study of hemispheric specialization. Neuropsychologia, 16, 125-128.

HISCOCK, M. & KINSBOURNE, M. (1980). Asymmetries of selective listening and attention switching in children. Developmental Psychology, 16, 70-82.

INGLIS, J. & LAWSON, J.S. (1981). Sex differences in the effects of unilateral brain damage on intelligence. Science, 212, 693-695.

INGLIS, J., RUCKMAN, M., LAWSON, J.S., MACLEAN, A.W. & MONGA, T. N. (1982). Sex differences in the cognitive effects of unilateral brain damage. Cortex, 18, 257-267.

INGLIS, J., RUCKMAN, M., LAWSON, J.S., MACLEAN, A.W. & MONGA, T. N. (1983). Sex differences in the cognitive effects of unilateral brain damage: comparison of stroke patients and normal control subjects. Cortex, 19, 551-555.

JERGER, J. & HALL, J. (1980). Effects of age and sex on auditory brainstem response. Archive for Otolaryngology, 106, 387-391.

JONES, B. & ANUZA, T. (1982a). Effects of sex, handedness, stimulus and visual field on "mental rotation". Cortex, 18, 501-514.

JONES, B. & ANUZA, T. (1982b). Sex differences in cerebral lateralization in 3- and 4-year old children. Neuropsychologia, 20, 347-350.

KAIL, R.V. & SIEGEL, A.V. (1978). Sex and hemispheric differences in the recall of verbal and spatial information. Cortex, 14, 557-563.

KATZ, A. (1981). Spatial compatibility effects with hemifield presentation in a unimanual two-finger task. Canadian Journal of Psychology, 35, 63-68.

KEE, D.W., BATHURST, K. & HELLIGE, J.B. (1983). Lateralized interference of repetitive finger tapping: influence of familial handedness, cognitive load and verbal production. Neuropsychologia, 21, 617-624.

KERTESZ, A. & SHEPPARD, A. (1981). The epidemiology of aphasic and cognitive impairment in stroke: age, sex, aphasia type and laterality differences. Brain, 104, 117-128.

KIMURA, D. (1963). Speech lateralization in young children determined by an auditory test. Journal of Comparative and Physiological Psychology, 56, 899-902.

KIMURA, D. (1966). Dual functional asymmetry of the brain in visual perception. Neuropsychologia, 4, 275-285.

KIMURA, D. (1969). Spatial localisation in left and right visual fields. Canadian Journal of Psychology, 23, 445-458.

KIMURA, D. (1983). Sex differences in cerebral organization for speech and praxic functions. Canadian Journal of Psychology, 37, 19-35.

KIMURA, D. & HARSHMAN, R.A. (1984). Sex differences in brain organization for verbal and non-verbal functions. In: G.J. de Vries, J.P.C. de Bruin, H.B.M. Uylings & M.A. Corner (Eds.), Sex Differences in the Brain - The Relation between Structure and Function. Progress in Brain Research, Vol 61, Amsterdam: Elsevier, Ch. 27.

KINSBOURNE, M. (1970). The cerebral basis of lateral asymmetries in attention. Acta Psychologica, 33, 193-201.

KINSBOURNE, M. (1975). The ontogeny of cerebral dominance. In: D. Aronson & R.W. Rieber (Eds.), Developomental Psycholinguistics and Communication Disorders. Annals of the New York Academy of Sciences, Vol. 263.

KINSBOURNE, M. (Ed.) (1978). Asymmetrical Function of the Brain. Cambridge University Press.

KINSBOURNE, M. (1978). Biological determinance of functional bisymmetry and asymmetry. In: Kinsbourne (Ed.) 1978.

KINSBOURNE, M. (1980). Mapping a behavioral cerebral space. International Journal of Neuroscience, 11, 45-50.

KINSBOURNE, M. & COOK, J. (1971). Generalized and lateralized effects of concurrent verbalization on a unimanual skill, Quarterly Journal of Experimental Psychology, 23, 341-345.

KINSBOURNE, M. & HICKS, R.E. (1978). Functional cerebral space: a model for overflow, transfer and interference effects in human performance. In: J. Reguin(Ed.), Attention and performance VII. Hillsdale, New Jersey: Erlbaum.

KLATZKY, R.L. & ATKINSON, R.C. (1971). Specialization of the cerebral hemispheres in scanning for information in short-term memory. Perception and Psychophysics, 10, 335-338.

KLEIN, D., MOSCOVITCH, M. & VIGNA, C. (1976). Attentional mechanisms and perceptual asymmetries in tachistoscopic recognition of words and faces. Neuropsychologia, 14, 55-66.

KLEIN, S.P. & ROSENFIELD, W.D. (1980). The hemispheric specialization for linguistic and non-linguistic tactile stimuli in third grade children. Cortex, 16, 205-212.

KNOX, D. & KIMURA, D. (1970). Cerebral processing of nonverbal sounds in boys and girls. Neuropsychologia, 8, 227-237.

KOLBERT, C. (1984). Visuell evozierte Potentiale auf sinnvolle und sinnfreie Silben als Funktion der Wahrnehmungsaufgabe. Diss. Universitaet Konstanz, in Vorbereitung.

KRAFT, R.H. (1981). The relationship between right-handed children's assessed and and familial handedness and lateral specialization. Neuropsychologia, 19, 697-706.

KRASHEN, S.D. (1973). Lateralization, language learning, and the critical period: some new evidence. Language Learning, 23, 63-74.

KUTAS, M. & HILLYARD, S.A. (1980). Event-related brain potentials to semantically inappropriate and surprizingly large words. Biological Psychology, 11, 99-116.

LACOSTE-UTAMSING, C.DE & HOLLOWAY, R.L. (1982). Sexual dimorphism in the human corpus callosum. Science, 216, 1431-1432.

LADAVAS, E., UMILTA, C. & RICCI-BITTI, P.E. (1980). Evidence for sex differences in right hemisphere dominance for emotions. Neuropsychologia, 18, 361-366.

LAKE, D.A. & BRYDEN, M.P. (1976). Handedness and sex differences in hemispheric asymmetry. Brain and Language, 3, 266-282.

LANDIS, T., ASSAL, G. & PERRET, E. (1979). Opposite cerebral hemispheric superiority for visual associative processing of emotional facial expressions and objects. Nature, 278, 739-740.

LANSDELL, H. (1961). The effect of neurosurgery on a test of proverbs. American Psychologist, 16, 448.

LANSDELL, H. (1968a). Effect of extent of temporal lobe ablations on two lateralized deficits. Physiology and Behaviour, 3, 271-273.

LANSDELL, H. (1968b). The use of factor scores from the Wechsler-Bellevue scale of intelligence in assessing patients with temporal lobe removals. Cortex, 4, 257-268.

LANSDELL, H. (1973). Effect of neurosurgery on the ability to identify popular word associations. Journal of Abnormal Psychology, 81, 255-258.

LANSDELL, H. & DAVIE, C. (1972). Massa intermedia: possible relation to intelligence. Neuropsychologia, 10, 207-210.

LANSDELL, H. & URBACH, N. (1965). Sex differences in personality measures related to side of temporal lobe ablations. Proceedings of the American Psychological Association, 1, 113-114.

LAZARUS-MAINKA, G. & LAZARUS, H. (1978). Wortwahrnehmung und Hemisphaeren-Dominanz. Zeitschrift fuer Psychologie, 186, 189-202.

LEEHY, S.C., CAREY, S., DIAMOND, R. & CAHN, A. (1978). Upright and inverted faces: the right hemisphere knows the difference. Cortex, 14, 411-419.

LEIBER, L. (1976). Lexical decisions in the right and left cerebral hemispheres. Brain and Language, 3, 443-450.

LEIBER, L. (1982). Interhemispheric effects in short-term recognition memory for single words. Cortex, 18, 113-124.

LENNEBERG, E. (1967). Biological Foundations of Language. New York: Wiley.

LEVY, J. (1974). Psychobiological implications of bilateral asymmetry. In: S. Dimond & J.G. Beaumont (Eds.), Hemisphere Function in the Human Brain. New York: Wiley.

LEVY, J. (1977). A reply to Hudson regarding the Levy-Nagylaki model for the genetics of handedness. Neuropsychologia, 15, 187-190.

LEVY, J. (1983). Is cerebral asymmetry of function a dynamic process? Implications for specifying degree of lateral differentiation. Neuropsychologia, 21, 3-11.

LEVY, J. & REID, M. (1978). Variations in cerebral organization as a function of handedness, hand posture in writing, and sex. Journal of Experimental Psychology: General, 107, 119-144.

LEVY, J. & TREVARTHEN, C. (1976). Metacontrol of hemispheric function in human split-brain patients. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 2, 299-312.

LEVY, J., HELLER, W., BANICH, M.T. & BURTON, L.A. (1983). Are variations among right-handed individuals in perceptual asymmetries caused by characteristic arousal differences between hemispheres? Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 9, 329-358.

LISHMAN, W.A. & MCMEEKAN, E.R.L. (1977). Handedness in relation to direction and degree of cerebral dominance for language. Cortex, 13, 30-43.

LOLAS, F. (1979). Interhemispheric and sex differences in the visual evoked response recovery cycle, Neuropsychobiology, 5, 301-308.

LOMAS, J. & KIMURA, D. (1976). Intrahemispheric interaction between speaking and sequential manual activity. Neuropsychologia, 14, 23-33.

LOW, D.W. & REBERT, C.S. (1978). Sex differences in cognitive/motor overload in reaction time tasks. Neuropsychologia, 16, 611-616.

LURIA, A.R. (1970). Traumatic Aphasia: Its Syndromes, Psychology and Treatment. Paris: Mouton.

LURIA, A.R. (1973). The Working Brain. London: Penguin.

MACCOBY, E.E. & JACKLIN, C.N. (1974). The Psychology of Sex Differences. Stanford University Press.

MAINKA, G. & HOERMANN, H. (1971). Genuegt der Begriff "Aufmerksamkeit" zur Erklaerung des sogenannten Lateralitaetseffekts? Eine experimentelle Untersuchung. Psychologische Forschung, 34, 295-311.

MARSHALL, J.C. (1973). Some problems and paradoxes associated with recent accounts of hemispheric specialisation. Neuropsychologia, 11, 463-470.

MARTIN, C.M. (1978). Verbal and spatial encoding of visual stimuli: the effects of sex, hemisphere and yes-no judgements. Cortex, 14, 227-233.

MAYES, J.T. (1982). Hemispheric function and spatial ability: an exploratory study of sex and cultural differences. International Journal of Psychology, 17, 65-80.

MAZZUCCHI, A., PARMA, M. & CATTELANI, R. (1981). Hemispheric dominance in the perception of tonal sequences in relation to sex, musical competence and handedness. Cortex, 17, 291-302.

MCGLONE, J. (1977). Sex differences in the cerebral organization of verbal functions in patients with unilateral brain lesions. Brain, 100, 775-793.

MCGLONE, J. (1978). Sex differences in functional brain asymmetry. Cortex, 14, 122-128.

MCGLONE, J. (1980). Sex differences in human brain asymmetry: a critical survey. The Behavioral and Brain Sciences, 3, 215-263.

MCGLONE, J. & DAVIDSON, W. (1973). The relation between cerebral speech laterality and spatial ability with special reference to sex and hand preference. Neuropsychologia, 11, 105-113.

MCGLONE, J. & KERTESZ, A. (1973). Sex differences in cerebral processing of visuo-spatial tasks. Cortex, 9, 313-320.

MCGUINNESS, D. (1976). Away from a unisex psychology: individual differences in visual sensory and perceptual processes. Perception, 5, 279-294.

MCGUINNESS, D. & PRIBRAM, K. H. (1979). The origins of sensory bias in the development of gender differences in perception and cognition. In: Bortner, M. (Ed.), Cognitive Growth and Development. Essays in memory of Herbert G. Birch. New York: Brunner.

MCKEEVER, W.F. (1974). Does post-exposural directional scanning offer a significant explanation for lateral differences in tachistoscopic recognition? Perceptual and Motor Skills, 38, 43-50.

MCKEEVER, W.F. & DIXON, M.S. (1981). Right-hemisphere superiority for discriminating memorized from nonmemorized faces: affective imagery, sex, and perceived emotionality effects. Brain and Language, 12, 224-245.

MCKEEVER, W.F. & HOFF, A.L. (1982). Familial sinistrality, sex, and laterality differences in naming and lexical decision latencies of right-handers. Brain and Language, 17, 225-239.

MCKEEVER, W.F. & HULING, M.D. (1971). Bilateral tachistocopic word recognition as a function of hemisphere stimulated and interhemispheric transfer time. Neuropsychologia, 9, 281-288.

MCKEEVER, W.F. & VAN DEVENTER, A.D. (1977). Visual and auditory language processing asymmetries: influences of handedness, familial sinistrality, and sex. Cortex, 13, 225-241.

MCKEEVER, W.F., SEITZ, K.R., HOFF, A.L., MARINO, M.F. & DIEHL, J. A. (1983). Interacting sex and familial sinistrality characteristics influence both language lateralization and spatial ability in right handers. Neuropsychologia, 21, 661-668.

MCKEEVER, W.F., VAN DEVENTER, A.D. & SUBERI, M. (1973). Avowed, assessed, and familial handedness and differential hemispheric processing of brief sequential and non-sequential visual stimuli. Neuropsychologia, 11, 235-238.

METZGER, R.L. & ANTES, J.R. (1976). Sex and coding strategy effects on reaction time to hemispheric probes. Memory and Cognition, 4, 167-171.

MILLAR, D.G. & BARBER, P.J. (1981). Sex differences in verbal skills: spelling-sound and lexical information. Current Psychological Research, 1, 121-127.

MILNER, B. (1975). Psychological aspects of focal epilepsy and its neurosurgical management. Advances in Neurology, 8, 299-321.

MILNER, B., BRANCH, C. & RASMUSSEN, T. (1964). Observations on cerebral dominance. In: A.V.S. De Reuck & M. O'Connor (Eds.), Disorders of Language, London: Churchhill, 200-222.

MILSTEIN, V., SMALL, I.F., MALLOY, F.W. & SMALL, J.G. (1979). Influence of sex and handedness on hemispheric functioning. Cortex, 15, 439-449.

MOLFESE, D.L. (1973). Cerebral asymmetry in infants, children and adults: auditory evoked responses to speech and musical stimuli. Journal of the Acoustical Society of America, 53, 363 (A).

MOLFESE, D.L. & HESS, T.M. (1978). Hemispheric specialization for VOT perception in the preschool child. Journal of Experimental Child Psychology, 26, 71-84.

MOLFESE, D.L. & MOLFESE, V.J. (1979). Hemisphere and stimulus differences as reflected in the cortical responses of newborn infants to speech stimuli. Developmental Psychology, 14, 505-511.

MOORE, W.H. JR. (1979). Alpha hemispheric asymmetry of males and females on verbal and non-verbal tasks: some preliminary results. Cortex, 15, 321-326.

MOORE, W.H. JR. & HAYNES, W.O. (1980). A study of alpha hemispheric asymmetries for verbal and nonverbal stimuli in males and females. Brain and Language, 9, 338-349.

MORGAN, M.J. & CORBALLIS, M.C. (1978). On the biological basis of human laterality: II. The mechanisms of inheritance. Behavioral and Brain Sciences, 1, 270-336.

MOSCOVITCH, M. (1973). Language and cerebral hemispheres: Reaction time studies and their implications for models of cerebral dominance. In: P. Pliner, L. Krames & T. Alloway (Eds.), Communication and Affect: Language and Thought. New York: Academic Press.

MOSCOVITCH, M. (1976). On the representation of language in the right hemisphere of right-handed people. Brain and Language, 3, 47-71.

MOSCOVITCH, M. (1977). The development of lateralization of language functions and its relation to cognitive and linguistic development: a review and some theoretical speculations. In: S.J. Segalowitz & F.A. Gruber (Eds.), Language Development and Neurological Theory. New York: Academic Press, 193-211.

NEVILLE, H.J. (1977). Electrographic and behavioral cerebral specialization in normal and congenitally deaf children: a preliminary report. In S. Segalowitz (Ed.), Language Development and Neurological Theory. New York: Academic Press.

NICHELLI, P., MANNI, A. & FAGLIONI, P. (1983). Relationships between speed, accuracy of performance and hemispheric superiorities for visuo-spatial pattern processing in the two sexes. Neuropsychologia, 21, 625-632.

NICOLETTI, R., ANZOLA, G.P., LUPPINO, G., RIZZOLATTI, G. & UMILTA, C. (1982). Spatial compatibility effects on the same side of the body midline. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 8, 664-673.

NOTTEBOHM, F. (1977). Asymmetries in neural control of vocalization in the canary. In: S. Harnard, R. Doty, L. Goldstein, J. Jaynes & G. Krauthammer (Eds.), Lateralization in the Nervous System. New York: Academic Press. 23-44.

NOTTEBOHM, F. & ARNOLD, A.P. (1976). Sexual dimorphism in vocal control areas of the songbird brain. Science, 194, 211-213.

OLDFIELD, R.C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh Inventory. Neuropsychologia, 9, 97-113.

PATTERSON, K.E. (1979). What is right with "deep" dyslexic patients? Brain and Language, 8, 111-129.

PATTERSON, K.E. & MARCEL, A.J. (1977). Aphasia, dyslexia and phonological coding of written words. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 29, 307-318.

PIAZZA, D.M. (1980). The influence of sex and handedness in the hemispheric specialization of verbal and nonverbal tasks. Neuropsychologia, 18, 163-176.

PIZZAMIGLIO, L., DE PASCALIS, C. & VIGNATI, A. (1974). Stability of dichotic listening test. Cortex, 10, 203-205.

POFFENBERGER, A T. (1912). Reaction time to retinal stimulation with special reference to the time lost in conduction through nerve centers. Archives of Psychology, 23, 1-73.

PREILOWSKI, B. (1972). Possible contribution of the anterior forebrain commissures to bilateral motor coordination. Neuropsychologia, 10, 267-277.

PRING, T.R. (1981). The effect of stimulus size and exposure duration on visual field asymmetries. Cortex, 17, 227-240.

RASMUSSEN, T. & MILNER, B. (1975). Clinical and surgical studies of the cerebral speech areas in man. In: K.J. Zuelch, O. Creutzfeldt & G.C. Galbraith (Eds.), Cerebral Localization, Berlin: Springer, 238-257.

RAY, W.J., MORELL, M. & FREDIANI, A.W. (1976). Sex differences and lateral specialization of hemispheric functioning. Neuropsychologia, 14, 391-394.

RAY, W.J., NEWCOMB, N., SEMON, J. & COLE, P.M. (1981). Spatial abilities, sex differences and EEG functioning. Neuropsychologia, 19, 719-722.

REBERT, C.S. & MAHONEY, R.A. (1978). Functional cerebral asymmetry and performance III. Reaction time as a function of task, hand, sex, and EEG asymmetry. Psychophysiology, 15, 9-16.

RICHER, F., SILVERMAN, C. & BEATTY, J. (1983). Response selection and initiation in speeded reactions: a pupillometric analysis. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 9, 360-370.

RIZZOLATTI, G. & BUCHTEL, H.A. (1977). Hemispheric superiority in reaction time to faces: a sex difference. Cortex, 13, 300-305.

RIZZOLATTI, G., BERTOLONI, G. & BUCHTEL, H.A. (1979). Interference of concomitant motor and verbal tasks on simple reaction time: a hemispheric difference. Neuropsychologia, 17, 323-330.

RIZZOLATTI, G., UMILTA, C. & BERLUCCHI, G. (1971). Opposite superiorities of the right and left cerebral hemispheres in discriminative reaction time to physiognomical and alphabetical material. Brain, 94, 431-442.

ROSSI, G.F. & ROSADINI, G. (1967). Experimental analysis of cerebral dominance in man. In: F.L. Darley (Ed.), Brain Mechanisms Underlying Speech and Language. New York: Grune & Stratton.

SACKHEIM, H.A., WEIMAN, A.L. & GREGA, D.M. (1984). Effects of predictors of hemispheric specialization on individual differences in hemispheric activation. Neuropsychologia, 22, 55-64.

SANTEE, J.L. & EGETH, H.E. (1982). Do reaction time and accuracy measure the same aspects of letter recognition? Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 8, 489-501.

SASANUMA, S., ITOH, M., MORI, K. & KOBAYASHI, Y. (1977). Tachistoscipic recognition of Kana and Kanji words. Neuropsychologia, 15, 547-553.

SATZ, P., ACHENBACH, K. & FENNELL, E. (1967). Correlations between manual laterality and predicted speech laterality in a normal population. Neuropsychologia, 5, 295-310.

SCHWARTZ, S. & KIRSNER, K. (1982). Laterality effects in visual information processing: hemispheric specialisation or the orienting of attention? Quarterly Journal of Experimental Psychology, 34A, 61-77.

SCHWARZ, E. (1970). Die Abhaengigkeit der akustischen Wahrnehmung von der Hemisphaerendominanz. Wien. Diss. (zitiert nach Bindel 1979).

SEAMON, J.G. & GAZZANIGA, M.S. (1973). Coding strategies and cerebral laterality effects. Cognitive Psychology, 5, 249-256.

SEARLEMAN, A. (1977). A review of right hemisphere linguistic capabilities. Psychological Bulletin, 84, 503-528.

SEARLEMAN, A. (1980). Subject variables and cerebral organization for language. Cortex, 16, 239-254.

SEGALOWITZ, S.J. & STEWART, C. (1979). Left and right lateralization for letter matching: strategy and sex differences. Neuropsychologia, 17, 521-525.

SEMMES, J. (1968). Hemispheric specialization: a possible clue to mechanism. Neuropsychologia, 6, 11-26.

SHANON, B. (1979). Lateralization effects in lexical decision tasks. Brain and Language, 8, 380-387.

SHUCARD, D.W., SHUCARD, J.L. & THOMAS, D.G. (1977). Auditory evoked potentials as probes of hemispheric differences in cognitive processing. Science, 197, 1295-1298.

SHUCARD, D.W., SHUCARD, J.L., CUMMINS, K.R. & THOMAS, D.G. (1979). Information processing and the "two tone probe technique" - replication and extension. Psychophysiology, 16, 189.

SHUCARD, J.L., SHUCARD, D.W., CUMMINS, K.R. & CAMPOS, J.J. (1981). Auditory evoked potentials and sex-related differences in brain development. Brain and Language, 13, 91-102.

SPERRY, R.W. (1961). Cerebral organization and behaviour. Science, 133, 1749-1757.

SPERRY, R.W. (1974). Lateral specialization in the surgically separated hemispheres. In: F.O. Schmitt & F.G.Worren (Eds.), The Neurosciences: Third Study Program Cambridge, Mass.: MIT Press.

SPIEGLER, B.J. & YENI-KOMSHIAN, G.H. (1983). Incidence of left-handed writing in a college population with reference to family patterns of hand preference. Neuropsychologia, 21, 651-659.

SPRINGER, S.P. (1977). Tachistoscopic and dichotic-listening investigations of laterality in normal human subjects. In: S. Harnard, R.W. Doty, L. Goldstein, J. Jaynes & G. Krauthammer (Eds.), Lateralization in the nervous system. New York: Academic Press.

STRAUSS, E. & KINSBOURNE, M. (1981). Does age of menarche affect the ultimate level of verbal and spatial skills? Cortex, 17, 323-325.

STRAUSS, E. & MOSCOVITCH, M. (1981). Perception of facial expressions. Brain and Language, 13, 308-332.

SUSSMAN, H. (1982). Contrastive patterns of intrahemispheric interference to verbal and spatial concurrent tasks in right-handed, left-handed and stuttering populations. Neuropsychologia, 20, 675-684.

SWANSON, J., LEDLOW, A. & KINSBOURNE, M. (1978). Lateral asymmetries revealed by simple reaction time. In: Kinsbourne 1978.

THOMPSON, J.K. (1983). Visual field, exposure duration, and sex as factors in the perception of emotional facial expressions. Cortex, 19, 293-308.

TINCOM, M., OBRZUT, J.E. & POSTON, C.S.L. (1983). Spatial lateralization: the relationship among sex, handedness and familial sinistrality. Neuropsychologia, 21, 683-686.

TODOR, J.I., KYPRIE, P.M. & PRICE, H.L. (1982). Lateral asymmetries in arm, wrist and finger movements. Cortex, 18, 515-524.

TROTMAN, S.C.A. & HAMMOND, G.R. (1979). Sex differences in task-dependent EEG asymmetries. Psychophysiology, 16, 429-431.

TUCKER, D.M. (1976). Sex differences in hemispheric specialization for synthetic visuospatial functions. Neuropsychologia, 14, 447-454.

VAN EDEN, C.G., UYLINGS, H.B.M. & VAN PELT, J. (1984). Sex-difference and left-right asymmetries in the prefrontal cortex during postnatal development in the rat. Developmental Brain Research, 12, 146-153.

VANDENBERG, S.G. & KUSE, A.R. (1979). Spatial ability: a critical review of the sex-linked major gene hypothesis. In: M. A. Wittig & A.C. Petersen (Eds.), Sex-Related Differences in Cognitive Functioning. New York: Academic Press. 67-95.

VOGEL, D.M., BROVERMAN, D.M. & KLAIBER, E.L. (1971). EEG responses in regularly menstruating women and in amenorrheic women treated with ovarian hormones. Science, 172, 388-391.

VRTUNSKI, P.B., PATTERSON, M.B., MACK, J.L. & HILL, G.O. (1983). Microbehavioural analysis of the choice reaction time response in senile dementia. Brain, 106, 929-947.

WABER, D. (1976). Sex differences in cognition: a function of maturation rate. Science, 192, 572-574.

WADA, J., CLARKE, R. & HAMM, A. (1975). Cerebral hemispheric asymmetry in humans. Archives of Neurology, 32, 239-246.

WAGNER, M.T. & HANNON, R. (1981). Hemispheric asymmetries in faculty and student musicians and non-musicians during melody recognition tasks. Brain and Language, 13, 379-388.

WALLACE, R.J. (1971). S-R compatibility and the idea of a response code. Journal of Experimental Psychology, 88, 354-360.

WARRINGTON, E.K. & PRATT, R.T. (1973). Language laterality in left-handers assessed by unilateral E.C.T. Neuropsychologia, 11, 423-428.

WELFORD, A.T. (1980). Relationships between reaction time and fatigue, stress, age and sex. In: A T. Welford (Ed.), Reaction Times. London, New York: Academic Press.

WHITAKER, L.A. (1982). Stimulus-response compatibility for left-right discriminations as a function of stimulus position. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 8, 865-874.

WHITE, M.J. (1969). Laterality differences in perception: a review. Psychological Bulletin, 72, 387-405.

WITELSON, S.F. (1976). Sex and the single hemisphere: specialization of the right hemisphere for spatial processing. Science, 193, 425-427.

WITELSON, S.F. (1977). Early hemisphere specialization and interhemispheric plasticity: an empirical and theoretical review. In: S.J. Segalowitz & F.A. Gruber (Eds.), Language Development and Neurological Theory. New York: Academic Press, 213-287.

WITTIG, M.A. (1979). Genetic influences on sex-related differences in intellectual performance: theoretical and methodological issues. In Wittig & Petersen (Eds.) 1979, 21-65.

WITTIG, M.A. & PETERSEN, A.C. (EDS.) (1979). Sex-Related Differences in Cognitive Functioning: Developmental Issues. New York: Academic Press.

WITTLING, W.W. (1973a). Funktionale Hemisphaerenspezialisierung: Theorien, Methoden und Ergebnisse neuropsychologischer Forschung. Dissertation, Mannheim.

WITTLING, W.W. (1973b). Laterale Reaktionszeitmessung: eine neuropsychologische Methode zur Untersuchung funktioneller Hemisphaerenspezialisierung. Ber. 28. Kongr. Dt. Ges. Psychol., Goettingen.

WOGAN, M., KAPLAN, C.D., MOORE, S.F. & EPRO, R. (1979). Sex difference and task effects in lateralization of EEG-alpha. International Journal of Neuroscience, 8, 219-223.

WOLFF, P.H. & HURWITZ, I. (1976). Sex differences in finger tapping: a developmental study. Neuropsychologia, 14, 35-41.

WOODS, B.T. (1983). Is the left hemisphere specialized for language at birth? Trends in Neurosciences, vol, 6, 4, 115-117.

YOUNG, A.W. & BION, P.J. (1983). The nature of sex difference in right hemisphere superiority for face recognition. Cortex, 19, 215-226.

ZAIDEL, E. (1976). Auditory vocabulary of the right hemisphere following brain bisection or hemidecortication. Cortex, 12, 191-211.

ZAIDEL, E. (1978a). Auditory language comprehension in the right hemisphere following cerebral commissurotomy and hemispherectomy: a comparison with child language and aphasia. In: A. Caramazza & E.B. Zurif (Eds.), Language Acquisition and Language Breakdown, Baltimore: John Hopkins University Press, 229-276.

ZAIDEL, E. (1978b). Concepts of cerebral dominnance in the split brain. In: P.A. Buser & A. Rougeul-Buser (Eds.), Cerebral Correlates of Conscious Experience, Amsterdam: North-Holland, 263-284.

ZAIDEL, E. (1978c). Lexical organisation in the right hemisphere. In: P.A. Buser & A. Rougeul-Buser (Eds.), Cerebral Correlates of Conscious Experience, Amsterdam: North-Holland, 177-198.

ZANGWILL, O.L. (1960). Cerebral Dominance and its Relation to Psychological Function. Edinburgh: Oliver and Boyd.

ZANGWILL, O.L. (1976). Thought and the brain. British Journal of Psychology, 67, 301-314.

ZURIF, E.B. & BRYDEN, M.P. (1969). Familial handedness and left-right differences in auditory and visual perception. Neuropsychologia, 7, 179-187.

8 Kurzzusammenfassung

Auf dem Hintergrund eines kurzen Überblicks über den Forschungsstand bezüglich der Geschlechtsunterschiede in der zerebralen Organisation und den mit diesen Fragen verbundenen Problemen und Widersprüchen wird eine eigene Untersuchung dargestellt, in der im wesentlichen die Frage geklärt werden sollte, ob es (analog zu "dual tasks") intrahemisphärisch zur Interferenz zwischen der visuo/kognitiven Verarbeitung einer Aufgabe und der darauf bezogenen Antwortreaktion in einem gewöhnlichen Experiment kommen kann und ob sich ein Geschlechtsunterschied in dieser Interferenz zeigt. Die Frage wurde mit Hilfe der Standardtechnik in diesem Gebiet, nämlich einer visuellen Halbfeldstudie in Kombination mit lexikalischen Entscheidungen, untersucht. Insgesamt nahmen 128 Erwachsene im Einzelversuch an den Experimenten teil. Sie hatten jeweils zu entscheiden, ob ein kurzfristig dargebotener Reiz ein sinnvolles Wort der deutschen Sprache war oder eine sinnfreie Silbe, und ihre Antwort möglichst schnell durch eine "Zwei-Finger-Wahl-Reaktion" (Knopfdruck) zu geben. Die Anforderungen an die Antwortmotorik wurden variiert, indem die Versuchspersonen für jede Reaktion die Taste mit der rechten oder linken Hand einmal, zweimal oder dreimal drücken sollten.

Die Ergebnisse bestätigen die Vermutung. Das wichtigste Resultat war: Eine Steigerung der Anforderungen an die Reaktion führte bei den Männern zu einem Umschlagen der Asymmetrierichtung für die Reaktionszeiten, während nach den herkömmlichen Vorstellungen, die derartigen Lateralisierungsstudien zugrundeliegen, die Asymmetrie hätte stabil bleiben müssen. Der Geschlechtsunterschied in diesem Befund scheint darauf zu beruhen, daß es bei Frauen früher zu intrahemisphärischer kognitiv/motorischer Interferenz kommt als bei Männern, was damit zu tun haben könnte, daß es schon intrahemisphärisch Geschlechtsunterschiede bezüglich der Beziehungen von sprachlichen und motorischen cortikalen Bereichen gibt, wie Kimura (1983) in anderem Zusammenhang vermutete.

A N H A N G

INSTRUKTION

Lieber Versuchsteilnehmer!

Sie nehmen an einem Experiment teil, bei dem dreibuchstabige Wörter bzw. dreibuchstabige sinnfreie Silben entweder rechts oder links von einem Fixierkreuz kurz aufleuchten. Ihre Aufgabe besteht darin, per Knopfdruck anzugeben, ob es sich bei einem dargebotenen Reiz um ein Wort der deutschen Sprache gehandelt hat, oder um eine sinnfreie Silbe. Sie sollten dabei so sorgfälltig und zugleich so schnell wie möglich antworten.

Die Reize erscheinen in zufälliger Reihenfolge rechts oder links vom Fixierkreuz. 50% der Serie sind Wörter und 50% sind sinnfreie Silben. Alle werden senkrecht dargeboten.

Um die Entfernung vom Schirm und die Augenhöhe für alle Versuchspersonen gleich zu halten, ist es notwendig, die Kinnstütze zu benutzen.

Fixieren Sie bitte vor jeder Darbietung auf mein Signal "Achtung" hin das Kreuz auf dem Schirm und versuchen Sie, dann keine Augenbewegung mehr zu machen und nicht mehr zu blinzeln.

Legen Sie bitte Ihre Hand (welche, wird noch angegeben) auf das Brettchen mit den Reaktionstasten, so daß Zeige- und Mittelfinger über je einer Taste liegen. Drücken Sie nach jeder Darbietung mit dem Zeige- oder Mittelfinger die entsprechende mit "Wort" oder "Silbe" bezeichnete Taste. Dieser Vorgang wird jetzt noch an einer Reihe von Probedias eingeübt.

Wenn Sie noch weitere Fragen haben, können wir sie jetzt besprechen.

LISTE DER VERWENDETEN STIMULI

Häufige Wörter	Häufige sinnfreie Silben	Seltene Wörter	Seltene sinnfreie Silben
TAG	FEN	HAG	ZAS
WEG	HAL	KAP	SOT
BUS	NEG	LOT	DUG
MAL	KUN	ZAR	DOB
RAD	NOR	LID	JOR
TON	ZUS	WAL	MUF
ZUG	RAS	HUF	FAG
KUH	TAN	SOG	ZEG
LOB	KAT	JOD	FID
BAR	LAT	REN	RUB
TOD	MUL	RUM	MOG
MUT	TOL	BUG	NAL
NOT	KEH	DOM	ROB
TAL	VAR	REH	WON
RAT	BUL	ZEH	RAL

Die Häufigkeitsnormierung der Stimuli wurde im Rahmen einer Voruntersuchung von Kolbert (vgl. Kolbert 1984) durchgeführt.

TABELLE 1 (Experiment I)

Mittlere Mediane der Reaktionszeiten und zugehörige Standardabweichungen (in Klammern)

Versuchspersonengruppe	Rechtes visuelles Feld				Linkes visuelles Feld			
	Hoch vertraute		Wenig vertraute		Hoch vertraute		Wenig vertraute	
	Worte	Silben	Worte	Silben	Worte	Silben	Worte	Silben
Rechtshändig reagierende Männer	1.003 (0.328)	1.189 (0.420)	1.133 (0.308)	1.292 (0.468)	1.144 (0.439)	1.373 (0.628)	1.282 (0.503)	1.297 (0.427)
Linkshändig reagierende Männer	0.869 (0.138)	1.128 (0.248)	1.069 (0.219)	1.264 (0.444)	0.874 (0.144)	1.137 (0.371)	1.087 (0.233)	1.125 (0.351)
Rechtshändig reagierende Frauen	0.863 (0.208)	1.175 (0.309)	1.016 (0.241)	1.167 (0.280)	0.901 (0.269)	1.170 (0.356)	1.047 (0.333)	1.112 (0.244)
Linkshändig reagierende Frauen	0.821 (0.123)	1.020 (0.165)	0.937 (0.159)	1.110 (0.196)	0.834 (0.109)	1.057 (0.211)	1.016 (0.284)	1.063 (0.241)

TABELLE 2 (Experiment I)

Mittlere Trefferquoten und zugehörige Standardabweichungen (in Klammern)

Versuchspersonengruppe	Rechtes visuelles Feld				Linkes visuelles Feld			
	Hoch vertraute		Wenig vertraute		Hoch vertraute		Wenig vertraute	
	Worte	Silben	Worte	Silben	Worte	Silben	Worte	Silben
Rechtshändig reagierende Männer	11.63 (1.92)	11.75 (4.06)	8.00 (4.28)	12.25 (2.82)	10.50 (2.73)	10.75 (3.11)	6.63 (2.56)	12.00 (2.39)
Linkshändig reagierende Männer	12.00 (2.27)	11.38 (1.92)	7.75 (1.83)	11.13 (1.96)	10.75 (2.49)	10.88 (2.23)	6.13 (1.55)	11.00 (1.69)
Rechtshändig reagierende Frauen	13.13 (0.99)	12.00 (2.20)	8.75 (2.19)	12.38 (2.50)	11.75 (1.49)	12.25 (1.91)	8.63 (2.45)	11.50 (2.27)
Linkshändig reagierende Frauen	13.38 (1.60)	12.00 (1.85)	9.13 (2.23)	12.00 (2.51)	11.63 (1.77)	12.00 (1.20)	9.50 (2.67)	10.63 (3.02)

TABELLE 3 (Experiment I)

Mittlere Mediane der Reaktionszeiten und zugehörige Standardabweichungen (in Klammern) für die erste und zweite Experimenthälfte

Versuchspersonengruppe	Erste Experimenthälfte		Zweite Experimenthälfte	
	Rechtes visuelles Feld	Linkes visuelles Feld	Rechtes visuelles Feld	Linkes visuelles Feld
Rechtshändig reagierende Männer	1.197 (0.457)	1.394 (0.551)	1.112 (0.355)	1.174 (0.401)
Linkshändig reagierende Männer	1.212 (0.275)	1.093 (0.263)	0.981 (0.206)	0.959 (0.187)
Rechtshändig reagierende Frauen	1.114 (0.272)	1.108 (0.310)	1.025 (0.253)	0.983 (0.202)
Linkshändig reagierende Frauen	1.039 (0.182)	1.037 (0.216)	0.913 (0.144)	0.938 (0.132)

TABELLE 4 (Experiment I)

Mittlere Trefferquoten und zugehörige Standardabweichungen (in Klammern) für die erste und zweite Experimenthälfte

Versuchspersonengruppe	Erste Experimenthälfte		Zweite Experimenthälfte	
	Rechtes visuelles Feld	Linkes visuelles Feld	Rechtes visuelles Feld	Linkes visuelles Feld
Rechtshändig reagierende Männer	21.25 (3.24)	18.38 (3.89)	22.38 (5.01)	21.50 (4.00)
Linkshändig reagierende Männer	22.13 (2.30)	18.63 (3.50)	20.63 (3.38)	20.13 (1.96)
Rechtshändig reagierende Frauen	22.63 (3.02)	22.13 (2.47)	23.63 (3.85)	22.00 (4.14)
Linkshändig reagierende Frauen	22.63 (3.96)	21.13 (4.16)	23.88 (3.60)	22.63 (2.77)

TABELLE 5 (Experiment Ia)

Mittlere Mediane der Reaktionszeiten und zugehörige Standardabweichungen (in Klammern)

Versuchspersonengruppe	Rechtes visuelles Feld				Linkes visuelles Feld			
	Hoch vertraute		Wenig vertraute		Hoch vertraute		Wenig vertraute	
	Worte	Silben	Worte	Silben	Worte	Silben	Worte	Silben
Rechtshändig reagierende Männer	0.761 (0.058)	1.073 (0.162)	1.048 (0.194)	1.134 (0.202)	0.926 (0.172)	1.144 (0.206)	1.009 (0.093)	1.153 (0.161)
Linkshändig reagierende Männer	0.970 (0.267)	1.099 (0.199)	1.203 (0.314)	1.192 (0.363)	0.919 (0.222)	1.138 (0.306)	1.080 (0.205)	1.167 (0.308)
Rechtshändig reagierende Frauen	0.873 (0.187)	1.322 (0.370)	1.112 (0.339)	1.434 (0.425)	1.016 (0.310)	1.378 (0.462)	1.155 (0.320)	1.401 (0.409)
Linkshändig reagierende Frauen	0.953 (0.221)	1.254 (0.349)	1.094 (0.297)	1.356 (0.454)	0.978 (0.225)	1.254 (0.357)	1.035 (0.257)	1.201 (0.361)

TABELLE 6 (Experiment Ia)

Mittlere Trefferquoten und zugehörige Standardabweichungen (in Klammern)

Versuchspersonengruppe	Rechtes visuelles Feld				Linkes visuelles Feld			
	Hoch vertraute		Wenig vertraute		Hoch vertraute		Wenig vertraute	
	Worte	Silben	Worte	Silben	Worte	Silben	Worte	Silben
Rechtshändig reagierende Männer	12.50 (1.07)	12.75 (2.05)	9.88 (2.59)	12.75 (1.16)	11.75 (2.43)	13.13 (1.46)	8.88 (1.81)	13.38 (2.00)
Linkshändig reagierende Männer	11.38 (2.77)	12.50 (1.77)	7.38 (3.46)	12.38 (1.60)	11.63 (1.92)	11.25 (1.28)	7.88 (3.76)	11.25 (2.25)
Rechtshändig reagierende Frauen	12.75 (1.91)	12.50 (1.93)	8.25 (2.31)	11.88 (2.42)	11.75 (2.12)	11.88 (2.53)	8.25 (1.98)	11.13 (2.47)
Linkshändig reagierende Frauen	11.88 (1.96)	12.00 (1.85)	9.63 (2.13)	12.38 (1.69)	11.25 (2.05)	12.13 (2.70)	9.38 (1.77)	9.88 (2.36)

TABELLE 7 (Experiment II)

Mittlere Mediane der Reaktionszeiten und zugehörige Standardabweichungen (in Klammern)

Versuchspersonengruppe	Rechtes visuelles Feld				Linkes visuelles Feld			
	Hoch vertraute		Wenig vertraute		Hoch vertraute		Wenig vertraute	
	Worte	Silben	Worte	Silben	Worte	Silben	Worte	Silben
Rechtshändig reagierende Männer	0.880 (0.136)	1.170 (0.220)	1.182 (0.287)	1.173 (0.159)	0.974 (0.132)	1.180 (0.280)	1.090 (0.167)	1.189 (0.211)
Linkshändig reagierende Männer	0.865 (0.163)	1.027 (0.245)	0.993 (0.165)	1.077 (0.267)	0.909 (0.172)	1.026 (0.246)	1.048 (0.272)	1.087 (0.289)
Rechtshändig reagierende Frauen	0.901 (0.241)	1.060 (0.193)	1.039 (0.222)	1.115 (0.279)	0.891 (0.228)	1.124 (0.306)	1.038 (0.282)	1.065 (0.235)
Linkshändig reagierende Frauen	0.928 (0.168)	1.177 (0.221)	1.040 (0.221)	1.230 (0.416)	0.987 (0.256)	1.316 (0.413)	1.046 (0.187)	1.233 (0.383)

TABELLE 8 (Experiment II)

Mittlere Trefferquoten und zugehörige Standardabweichungen (in Klammern)

Versuchspersonengruppe	Rechtes visuelles Feld				Linkes visuelles Feld			
	Hoch vertraute		Wenig vertraute		Hoch vertraute		Wenig vertraute	
	Worte	Silben	Worte	Silben	Worte	Silben	Worte	Silben
Rechtshändig reagierende Männer	11.50 (2.39)	12.50 (1.77)	8.75 (2.66)	13.00 (2.33)	11.50 (3.16)	12.38 (2.45)	8.00 (2.83)	13.75 (1.28)
Linkshändig reagierende Männer	11.50 (2.56)	12.13 (2.42)	7.88 (3.04)	13.13 (1.36)	11.50 (2.78)	11.88 (2.53)	9.00 (3.46)	12.88 (1.25)
Rechtshändig reagierende Frauen	11.63 (2.13)	13.63 (0.92)	7.50 (3.25)	12.50 (1.60)	11.88 (2.30)	12.25 (2.66)	8.75 (2.19)	11.50 (3.30)
Linkshändig reagierende Frauen	12.00 (1.07)	11.75 (1.83)	8.88 (3.27)	12.13 (2.36)	12.38 (1.10)	11.38 (2.07)	8.38 (2.07)	11.88 (1.89)

TABELLE 9 (Experiment III)

Mittlere Mediane der Reaktionszeiten und zugehörige Standardabweichungen (in Klammern)

Versuchspersonengruppe	Rechtes visuelles Feld				Linkes visuelles Feld			
	Hoch vertraute		Wenig vertraute		Hoch vertraute		Wenig vertraute	
	Worte	Silben	Worte	Silben	Worte	Silben	Worte	Silben
Rechtshändig reagierende Männer	0.885 (0.189)	1.206 (0.390)	1.077 (0.253)	1.277 (0.452)	0.896 (0.235)	1.262 (0.403)	1.098 (0.324)	1.169 (0.378)
Linkshändig reagierende Männer	0.884 (0.143)	1.323 (0.448)	1.023 (0.246)	1.288 (0.520)	0.988 (0.205)	1.319 (0.420)	1.241 (0.400)	1.242 (0.325)
Rechtshändig reagierende Frauen	0.889 (0.097)	1.292 (0.492)	1.060 (0.247)	1.386 (0.483)	0.923 (0.127)	1.401 (0.493)	1.130 (0.180)	1.401 (0.469)
Linkshändig reagierende Frauen	0.889 (0.215)	1.208 (0.245)	1.127 (0.213)	1.215 (0.241)	0.945 (0.236)	1.215 (0.263)	1.145 (0.250)	1.250 (0.324)

TABELLE 10 (Experiment III)

Mittlere Trefferquoten und zugehörige Standardabweichungen (in Klammern)

Versuchspersonengruppe	Rechtes visuelles Feld				Linkes visuelles Feld			
	Hoch vertraute		Wenig vertraute		Hoch vertraute		Wenig vertraute	
	Worte	Silben	Worte	Silben	Worte	Silben	Worte	Silben
Rechtshändig reagierende Männer	12.63 (1.51)	12.13 (2.30)	9.00 (2.00)	12.25 (2.38)	11.13 (2.00)	10.75 (2.31)	7.88 (2.03)	12.00 (2.56)
Linkshändig reagierende Männer	11.63 (2.97)	13.25 (1.39)	8.63 (2.39)	12.86 (1.96)	11.13 (1.55)	13.38 (1.60)	8.13 (1.89)	13.13 (1.64)
Rechtshändig reagierende Frauen	12.75 (1.17)	11.38 (3.07)	10.13 (2.90)	12.13 (2.53)	12.00 (1.07)	11.63 (2.72)	9.63 (2.50)	11.00 (2.51)
Linkshändig reagierende Frauen	11.75 (1.83)	12.38 (2.20)	8.38 (2.26)	13.13 (1.36)	12.00 (1.69)	12.50 (0.93)	8.13 (2.47)	12.50 (1.51)

ÜBERSICHT ÜBER DIE MINDESTENS AUF DEM 5%-NIVEAU SIGNIFIKANTEN ERGEBNISSE DER VARIANZANALYSEN

Experiment I	F	p
a) Reaktionszeiten		
1. Alle Versuchspersonengruppen		
Feld x Geschlecht x Hand	4.77	0.0375
Gebräuchlichkeit	24.10	0.0000
Bedeutungshaltigkeit	27.11	0.0000
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	13.81	0.0009
[Feld x Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	3.87	0.0591]
2. Frauen		
Gebräuchlichkeit	32.22	0.0001
Bedeutungshaltigkeit	34.87	0.0000
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	7.64	0.0152
3. Männer		
Feld x Hand	5.32	0.0369
Gebräuchlichkeit	9.07	0.0093
Bedeutungshaltigkeit	7.99	0.0135
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	6.22	0.0257
4. Rechtshändig reagierende Gruppen		
Gebräuchlichkeit	5.64	0.0324
Bedeutungshaltigkeit	13.87	0.0023
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	8.60	0.0109
5. Linkshändig reagierende Gruppen		
Gebräuchlichkeit	22.28	0.0003
Bedeutungshaltigkeit	13.26	0.0027
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	5.41	0.0355
b) Trefferquoten		
1. Alle Versuchspersonengruppen		
Feld	13.32	0.0011
Gebräuchlichkeit	55.15	0.0
Bedeutungshaltigkeit	14.82	0.0006

	F	p
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	95.86	0.0
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit x Geschlecht	4.15	0.0511
Feld x Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	4.29	0.0477
Feld x Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit x Geschlecht	10.18	0.0035
2. Frauen		
Feld	4.82	0.0456
Gebräuchlichkeit	35.37	0.0000
Bedeutungshaltigkeit	7.70	0.0149
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	24.88	0.0002
Feld x Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	13.62	0.0024
3. Männer		
Feld	8.55	0.0111
Gebräuchlichkeit	22.32	0.0003
Bedeutungshaltigkeit	8.31	0.0121
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	88.32	0.0
4. Rechtshändig reagierende Gruppen		
Feld	5.42	0.0354
Gebräuchlichkeit	17.32	0.0010
Bedeutungshaltigkeit	7.80	0.0144
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	45.45	0.0
Feld x Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit x Geschlecht	6.65	0.0218
5. Linkshändig reagierende Gruppen		
Feld	8.14	0.0128
Gebräuchlichkeit	45.34	0.0
Bedeutungshaltigkeit	7.65	0.0152
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	52.28	0.0
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit x Geschlecht	4.65	0.0489

	F	p
Vergleich der ersten und zweiten Experimenthälfte		
a) Reaktionszeiten		
1. Alle Versuchspersonengruppen		
Hälfte	34.24	0.0
Feld x Geschlecht x Hälfte	6.61	0.0157
2. Frauen		
Hälfte	11.17	0.0048
3. Männer		
Hälfte	24.08	0.0002
Feld x Hand	5.45	0.0350
4. Rechtshändig reagierende Gruppen		
Hälfte	13.21	0.0027
5. Linkshändig reagierende Gruppen		
Hälfte	22.41	0.0003
b) Trefferquoten		
1. Alle Versuchspersonengruppen		
Hälfte	8.86	0.0059
Hälfte x Geschlecht x Hand	5.36	0.0281
Feld	13.32	0.0011
2. Frauen		
Feld	4.82	0.0456
3, Männer		
Hälfte	6.95	0.0195
Hälfte x Hand	6.95	0.0195
Feld	8.55	0.011
Hälfte x Feld	4.96	0.0428
4. Rechtshändig reagierende Gruppen		
Hälfte	5.61	0.0328
Feld	5.42	0.0354
5. Linkshändig reagierende Gruppen		
Feld	8.14	0.0128
Experiment Ia		
a) Reaktionszeiten		
1. Alle Versuchspersonengruppen		
Feld x Hand	14.75	0.0006
Gebräuchlichkeit	29.67	0.0

	F	p
Feld x Gebräuchlichkeit	8.14	0.0080
Bedeutungshaltigkeit	52.01	0.0
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	14.09	0.0008
2. Frauen		
Feld x Hand	7.18	0.0180
Gebräuchlichkeit	7.49	0.0160
Bedeutungshaltigkeit	32.11	0.0001
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	5.12	0.0401
3. Männer		
Feld x Hand	7.63	0.0153
Gebräuchlichkeit	41.18	0.0000
Feld x Gebräuchlichkeit	4.53	0.0515
Bedeutungshaltigkeit	20.67	0.0005
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	9.11	0.0092
b) Trefferquoten		
1. Alle Versuchspersonengruppen		
Feld	5.04	0.0328
Gebräuchlichkeit	59.05	0.0
Bedeutungshaltigkeit	21.17	0.0001
Feld x Bedeutungshaltigkeit x Hand	8.26	0.0077
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	29.47	0.0
2. Frauen		
Gebräuchlichkeit	35.98	0.0000
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	13.64	0.0024
Feld x Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	9.84	0.0074
3. Männer		
Gebräuchlichkeit	23.97	0.0002
Bedeutungshaltigkeit	26.86	0.0001
Feld x Bedeutungshaltigkeit x Hand	7.91	0.0138
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	16.23	0.0012

Vergleich der Experimente I und Ia	F	p
a) Reaktionszeiten		
1. Alle Versuchspersonengruppen		
Feld x Hand	12.62	0.0008
Gebräuchlichkeit	53.74	0.0
Feld x Gebräuchlichkeit	10.08	0.0024
Bedeutungshaltigkeit	76.05	0.0
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	27.75	0.0
2. Frauen		
Feld x Hand x Experiment	4.56	0.0416
Gebräuchlichkeit	21.59	0.0001
Bedeutungshaltigkeit	61.82	0.0
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	12.76	0.0013
3. Männer		
Feld x Hand	11.10	0.0024
Gebräuchlichkeit	32.47	0.0
Feld x Gebräuchlichkeit	7.00	0.0132
Bedeutungshaltigkeit	21.75	0.0001
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	14.99	0.0006
b) Trefferquoten		
1. Alle Versuchspersonengruppen		
Feld	17.25	0.0001
Gebräuchlichkeit	113.58	0.0
Bedeutungshaltigkeit	35.39	0.0
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit x Geschlecht	4.45	0.0394
Feld x Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	6.45	0.0139
Feld x Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit x Geschlecht	12.42	0.0009
2. Frauen		
Feld	8.28	0.0076
Gebräuchlichkeit	71.54	0.0
Bedeutungshaltigkeit	10.27	0.0034
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	37.75	0.0
Feld x Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	23.46	0.0000

	F	p
3. Männer		
Feld	9.04	0.0055
Gebräuchlichkeit	45.73	0.0
Bedeutungshaltigkeit	26.05	0.000
Feld x Bedeutungshaltigkeit x Hand x Experiment	4.55	0.0418
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	68.19	0.0
4. Rechtshändig reagierende Gruppen		
Feld	6.50	0.0165
Gebräuchlichkeit	45.06	0.0
Bedeutungshaltigkeit	19.18	0.0002
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	75.42	0.0
Feld x Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit x Geschlecht	5.33	0.0286
5. Linkshändig reagierende Gruppen		
Feld	11.08	0.0025
Gebräuchlichkeit	72.69	0.0
Bedeutungshaltigkeit	16.33	0.0004
Feld x Bedeutungshaltigkeit x Experiment	6.34	0.0178
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	37.25	0.0
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit x Geschlecht	5.93	0.0215
Feld x Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	6.57	0.0160
Feld x Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit x Geschlecht	7.10	0.0127

Experiment II

a) Reaktionszeiten

1. Alle Versuchspersonengruppen		
Gebräuchlichkeit	50.44	0.0
Gebräuchlichkeit x Geschlecht	4.97	0.0341
Feld x Geschlecht	4.06	0.0537
Bedeutungshaltigkeit	24.60	0.0
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	17.04	0.0003
Feld x Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit x Geschlecht	4.03	0.0545

	F	p
2. Frauen		
Gebräuchlichkeit	11.98	0.0038
Bedeutungshaltigkeit	16.00	0.0013
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	8.52	0.0112
Feld x Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	5.29	0.0374
3. Männer		
Gebräuchlichkeit	43.15	0.0
Bedeutungshaltigkeit	8.85	0.0100
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	8.60	0.0109
4. Rechtshändig reagierende Gruppen		
Gebräuchlichkeit	35.98	0.0
Bedeutungshaltigkeit	10.34	0.0062
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	15.33	0.0016
5. Linkshändig reagierende Gruppen		
Gebräuchlichkeit	16.89	0.0011
Bedeutungshaltigkeit	14.32	0.0020
b) Trefferquoten		
1. Alle Versuchspersonengruppen		
Gebräuchlichkeit	38.22	0.0
Bedeutungshaltigkeit	30.34	0.0
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	44.05	0.0
2. Frauen		
Gebräuchlichkeit	44.97	0.0
Bedeutungshaltigkeit	10.15	0.0066
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	15.42	0.0015
3. Männer		
Gebräuchlichkeit	7.48	0.0161
Bedeutungshaltigkeit	21.41	0.0004
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	31.75	0.0001
4. Rechtshändig reagierende Gruppen		
Gebräuchlichkeit	21.41	0.0004
Bedeutungshaltigkeit	22.44	0.0003
Feld x Bedeutungshaltigkeit x Geschlecht	4.81	0.0456

	F	p
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	31.04	0.0001
5. Linkshändig reagierende Gruppen		
Gebräuchlichkeit	16.82	0.0011
Bedeutungshaltigkeit	9.73	0.0075
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	18.50	0.0007
Experiment III		
a) Reaktionszeiten		
1. Alle Versuchspersonengruppen		
Feld	10.81	0.0027
Feld x Geschlecht x Hand	4.90	0.0352
Gebräuchlichkeit	38.88	0.0
Bedeutungshaltigkeit	31.61	0.0
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	35.11	0.0
2. Frauen		
Feld	6.38	0.0242
Gebräuchlichkeit	21.50	0.0004
Bedeutungshaltigkeit	15.01	0.0017
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	12.65	0.0032
3. Männer		
Feld	4.44	0.0537
Feld x Hand	5.88	0.0294
Gebräuchlichkeit	17.68	0.0009
Bedeutungshaltigkeit	17.13	0.0010
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	23.28	0.0003
4. Rechtshändig reagierende Gruppen		
Gebräuchlichkeit	17.29	0.0010
Feld x Gebräuchlichkeit	5.15	0.0396
Bedeutungshaltigkeit	13.37	0.0026
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	17.62	0.0009
5. Linkshändig reagierende Gruppen		
Feld	12.24	0.0035
Gebräuchlichkeit	23.12	0.0003
Bedeutungshaltigkeit	25.65	0.0002
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	17.94	0.0008

	F	p
b) Trefferquoten		
1. Alle Versuchspersonengruppen		
Feld	8.07	0.0083
Gebräuchlichkeit	56.56	0.0
Bedeutungshaltigkeit	21.62	0.0001
Bedeutungshaltigkeit x Hand	5.07	0.0324
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	72.30	0.0
2. Frauen		
Gebräuchlichkeit	18.83	0.0007
Bedeutungshaltigkeit	5.79	0.0305
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	22.60	0.0003
3. Männer		
Feld	6.68	0.0217
Gebräuchlichkeit	50.86	0.0
Bedeutungshaltigkeit	17.87	0.0008
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	81.62	0.0
4. Rechtshändig reagierende Gruppen		
Feld	14.74	0.0018
Gebräuchlichkeit	13.49	0.0025
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	29.09	0.0001
5. Linkshändig reagierende Gruppen		
Gebräuchlichkeit	96.59	0.0
Bedeutungshaltigkeit	22.46	0.0003
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	47.73	0.0
Vergleich der Experimente I, II und III		
a) Reaktionszeiten		
1. Alle Versuchspersonengruppen		
Feld	11.57	0.0010
Feld x Hand x Experiment	3.32	0.0411
Feld x Geschlecht x Hand x Experiment	4.94	0.0094
Gebräuchlichkeit	99.89	0.0
Feld x Gebräuchlichkeit	6.08	0.0157
Bedeutungshaltigkeit	81.64	0.0
Feld x Bedeutungshaltigkeit	3.85	0.0530

	F	p
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	62.46	0.0
Feld x Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	4.45	0.0378
2. Frauen		
Feld	5.48	0.0241
Gebräuchlichkeit	57.92	0.0
Bedeutungshaltigkeit	49.93	0.0
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	28.25	0.0
3. Männer		
Feld	6.10	0.0177
Feld x Hand x Experiment	6.65	0.0031
Feld x Gebräuchlichkeit	4.01	0.0516
Gebräuchlichkeit	45.53	0.0
[Feld x Gebräuchlichkeit x Hand	2.91	0.0954]
Bedeutungshaltigkeit	32.91	0.0
Feld x Bedeutungshaltigkeit	4.70	0.0359
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	34.25	0.0
4. Rechtshändig reagierende Gruppen		
Feld	4.82	0.0337
Feld x Geschlecht x Experiment	3.56	0.0373
Gebräuchlichkeit	41.45	0.0
Feld x Gebräuchlichkeit	8.08	0.0069
Bedeutungshaltigkeit	34.59	0.0
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	39.25	0.0
5. Linkshändig reagierende Gruppen		
Feld	7.60	0.0086
Gebräuchlichkeit	61.17	0.0
Bedeutungshaltigkeit	51.66	0.0
Feld x Bedeutungshaltigkeit	4.06	0.0503
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	24.82	0.0
b) Trefferquoten		
1. Alle Versuchspersonengruppen		
Feld	15.30	0.0002
Feld x Experiment	3.37	0.0390
Gebräuchlichkeit	145.93	0.0

	F	p
Bedeutungshaltigkeit	65.46	0.0
Bedeutungshaltigkeit x Hand x Experiment	3.26	0.0432
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	119.12	0.0
Feld x Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit x Geschlecht	5.68	0.0194
2. Frauen		
Feld	5.76	0.0209
Gebräuchlichkeit	94.54	0.0
Bedeutungshaltigkeit	22.57	0.0000
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	59.35	0.0
Feld x Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	6.01	0.0185
Feld x Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit x Geschlecht	3.32	0.0459
3. Männer		
Feld	9.76	0.0032
Feld x Experiment	3.49	0.0395
Gebräuchlichkeit	56.04	0.0
Bedeutungshaltigkeit	43.35	0.0
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	161.76	0.0
4. Rechtshändig reagierende Gruppen		
Feld	13.50	0.0007
Gebräuchlichkeit	51.67	0.0
Bedeutungshaltigkeit	28.05	0.0
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	104.39	0.0
Feld x Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit x Geschlecht	7.71	0.0082
5. Linkshändig reagierende Gruppen		
Feld	3.88	0.0556
Gebräuchlichkeit	112.61	0.0
Bedeutungshaltigkeit	38.41	0.0
Gebräuchlichkeit x Bedeutungshaltigkeit	88.27	0.0

Lebenslauf

Ich, Gabriele Heister, wurde am 9. Dezember 1950 als Tochter des Finanzbeamten Helmut Heister und seiner Ehefrau Maria, geb. Radermacher, in Aachen geboren. Von 1957 bis 1961 besuchte ich die Katholische Volksschule Aachen-Sief, von 1961 an das Städtische Mädchengymnasium St. Leonhard Aachen, wo ich im Juni 1970 das Abitur bestand. Vom Wintersemester 1970/71 an studierte ich an der Technischen Hochschule Aachen, der Universität Konstanz und der Universität Tübingen Germanistik, Pädagogik und Psychologie. Im Dezember 1976 legte ich in Aachen die Diplomprüfung im Fach Psychologie und im Dezember 1977 die erste philologische Staatsprüfung in den Fächern Deutsch, Pädagogik und Psychologie ab. Von Januar 1978 bis Dezember 1982 war ich als wissenschaftliche Mitarbeiterin bzw. wissenschaftliche Hilfskraft in verschiedenen Forschungsprojekten des Sonderforschungsbereichs 99 an der Universität Konstanz tätig. Seit Januar 1983 war ich Doktorandin der Universität Tübingen.
Ich bin verheiratet und habe eine Tochter.